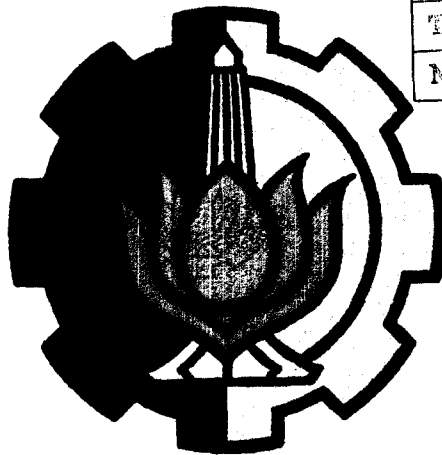


TUGAS AKHIR I

TN 1701

**ANALISA PENGARUH WAKE - FRACTION
TERHADAP THRUST KAPAL**

PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Terima	9 AUG 1990
Terima Dari	H.
No. Agenda Pop.	1115 / TA



RSK
623.873
Wid
a-1
1993

OLEH :

HASAN WIDJAJA

NRP : 488 420 0181

**JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1993**

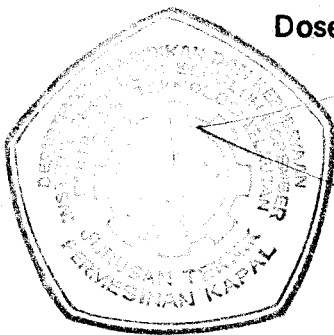
TUGAS AKHIR I

TN 1701

ANALISA PENGARUH WAKE – FRACTION TERHADAP THRUST KAPAL

Mengetahui / Menyetujui

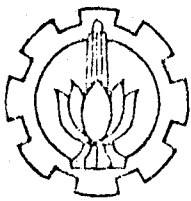
Dosen Pembimbing



Ir. BAMBANG SUPANGKAT

NIP. 130 355 298

**JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1993**



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

Kampus ITS Sukohilo Surabaya 60111 Telp 597254 & 597274 Pes 262 TELEX 34224 FAX 597254, 597845

TUGAS AKHIR (TN.1701)

Nama : HASAN WIDJAJA NRP. : 4884200181
Tahap : SARJANA Tahun kuliah : 1992-1993
Tgl.diberikan Tugas : 26 OKTOBER 1992 Tgl.diselesaikan Tugas :

Data-data untuk Tugas :

1. Type Kapal : GENERAL CARGO 2. Kecepatan : 12 KNOT
3. Radius Pelayaran : SURABAYA - TOKYO
4. Data-data lainnya : Lwl=100,4 m, Lpp=98,4m, Bmld=14,7m
Hmld=8,6m, T=6,7m, Cb=0,726

JENIS TUGAS :

A. Perencanaan Kamar Mesin/Sistem Perpipaan :

I. Tugas Wajib

1. Sistem pipa kapal (Ship board systems)
 - 1.1. Sistem pipa ballast
 - 1.2. Sistem pipa bilge
 - 1.3. Sistem pipa sanitasi
 - 1.4. Sistem pipa kebakaran
2. Sistem pipa mesin (propulsion systems)
 - 2.1. Sistem pipa bahan bakar
 - 2.2. Sistem pipa pelumas
 - 2.3. Sistem pipa pendingin
 - 2.4. Sistem pipa udara tekanan tinggi
3. Perhitungan daya motor dan gambar tata letak kamar mesin (lay-out)
 - 3.1. Motor induk
 - 3.2. Motor bantu
 - 3.3. Tata letak kamar mesin (lay-out)

II. Tugas Tambahan (pilihlah satu)

1. Sistem pipa khusus :
 - 1.1. SISTIM PEMANAS RUANGAN AKOMODASI
2. Gambar Isometric untuk sistem pipa
 - 2.1.

B. Karya Tulis (Skripsi) :

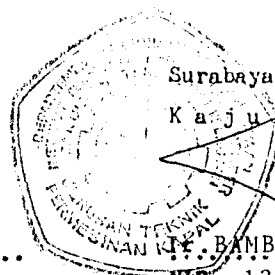
"ANALISA PENGARUH WAKE FRACTION TERHADAP THRUST KAPAL"

Dosen Pembimbing,

Ir. BAMBANG SUPANGKAT
NIP. 130 355 298

Mahasiswa,

HASAN WIDJAJA
NRP. 4884200181



Surabaya, 30 OKTOBER 1992

K a j u

Ir. BAMBANG SUPANGKAT
NIP. 130 355 298

ANALISA PENGARUH WAKE - FRACTION TERHADAP THRUST KAPAL

A B S T R A K

Pada prinsipnya baling - baling dirancang untuk mendapatkan gaya dorong yang dikehendaki oleh si pemilik kapal dengan ukuran diameter yang sesuai dan mempunyai efisiensi semaksimal mungkin.

Sedangkan didalam perencanaan baling - baling ada faktor yang sangat berpengaruh yaitu advance speed. Untuk mengetahui apabila ada penilaian yang keliru dari harga advance speed tersebut, seberapa jauh pengaruhnya terhadap thrust kapal pada umumnya dan terhadap diameter dan efisiensi baling - baling pada khususnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa berkat rahmat dan perkenan-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan beban studi yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa sebagai persyaratan untuk mencapai gelar kesarjanaan teknik pada Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini merupakan TUGAS AKHIR I, yang berupa karya tulis (skripsi).

Atas segala bantuan sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, kami menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Soeweify M.Eng. , selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.
2. Bapak Ir. Bambang Supangkat, selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, ITS dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. Sardono S. , selaku Dosen Wali dan atas motivasinya.
4. Dosen-dosen di lingkungan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
5. Segenap karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Permesinan Kapal Angkatan 88 (*Agus, Iwan, Imran, Sianta, Supriyedi*).
7. Orang tuaku, kakak, serta adik-adikku tercinta.

Surabaya, Juli 1993

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT TUGAS	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR NOTASI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Wake dan Wake Fraction	5
2.1.1 Pengertian Wake & Wake Fraction	5
2.1.2 Macam-macam Komponen Wake	7
2.1.3 Distribusi Wake	9
2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Wake	11
2.1.5 Cara Mendapatkan Harga Wake Fraction	14
2.2 Thrust Deduction Fraction	21
2.2.1 Menentukan Thrust Deduction Fraction	23
2.2.2 Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Thrust	25
2.3 Definisi-definisi	26

2.4 Teori Baling-baling Menurut Perkembangannya	28
BAB III DATA DAN PERUMUSAN MASALAH	
3.1 Data-data	33
3.2 Permasalahan	34
BAB IV PEMBAHASAN MASALAH	
4.1 Perhitungan Karakteristik Kerja Propeller	36
4.2 Perhitungan Thrust dengan Teori Sirkulasi	40
4.3 Analisa Perhitungan	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran-saran	51
BAB VI PENUTUP	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gb. 1	: Diagram kecepatan akibat gerakan hull kapal	6
Gb. 2	: Diagram wake untuk single screw dengan $C_b = 0.65$..	9
Gb. 3	: Diagram distribusi wake untuk kapal single screw ..	10
Gb. 4	: Diagram open water test untuk penentuan harga wake fraction dari hasil percobaan layar	15
Gb. 5	: Diagram harga rata-rata wake fraction menurut Barnaby	17
Gb. 6	: Diagram Harvald untuk menentukan wake fraction dan thrust deduction fraction	19
Gb. 7	: Magnus Effect	31

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Perhitungan karakteristik kerja propeller dengan diagram $B_p-\delta$, untuk $F_a/F = 0.40$, 0.47 dan 0.50

LAMPIRAN 2 : Perhitungan thrust dan efisiensi untuk harga wake fraction 0.20 sampai 0.40

LAMPIRAN TAMBAHAN :

- Reduction factor x , menurut Prandtl
- Hubungan antara ζ_a , ε_i , s/l dan α_i untuk bentuk penampang aerofoil V.W.S.
- Hubungan antara ζ_a , ε_i , s/l dan α_i untuk bentuk penampang circular-back V.W.S.
- Hubungan antara konstanta thrust C_s , konstanta kecepatan λ dan hidrodynamic pitch angle b_0
- Propeller screw series diagram $B_p-\delta$, type B.3.35 dan type B.3.50
- Propeller screw series diagram $B_p-\delta$, type B.4.40 dan type B.4.55
- Data propeller

DAFTAR NOTASI

B	: lebar kapal, m	S	: thrust, kg
Bp	: load factor, -	SHP	: shaft horse power, Hp
Cb	: koefisien block, -	t	: thrust deduction factor, -
Cp	: koefisien prismatic membujur, -	T	: sarat kapal, m
Cm	: koefisien midship, -	THP	: thrust horse power, Hp
Cs	: koefisien thrust, -	Vs	: kecepatan kapal, knot
D	: diameter propeller, mm	Va	: advance speed, knot
EHP	: effective horse power, Hp	Vw	: kecepatan wake, knot
E	: ketinggian poros dari baseline, m	x	: rake + skew, ft
F	: disc area, m ²	X	: reduction factor, -
Fa	: expanded area, m ²	Zp	: jumlah propeller, -
Fa/F	: area ratio, -	Δ	: displacement, ton
H	: pitch, mm	ρ	: density air tawar
H/D	: pitch ratio, -	ψ	: wake fraction, -
Kα	: koefisien torsi, -	β	: pitch angle, radian
Kτ	: koefisien thrust, -	λ	: koefisien kecepatan
K	: rake, radian	Γ	: circulation, -
L	: panjang kapal, m	η _p	: efisiensi propeller, -
LCB	: longitudinal centre of buoyancy, m	η _H	: hull efficiency, -
N	: putaran propeller, rpm	η _{rr}	: relative rotative efficiency, -
PC	: propulsive coefficient, -	δ	: koefisien block, -
Q	: torsi, kg	α	: koefisien garis air muat, -
r	: radius seksi propeller, mm	δ/α	: koefisien prismatic melintang, -
R	: radius propeller, mm	φ	: koefisien prismatic memanjang, -
R	: tahanan kapal, kg		

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Kapal yang sedang berlayar merupakan suatu benda yang terapung yang bergerak di media air dan udara. Pada saat kapal tersebut bergerak maka dengan sendirinya benda tersebut akan mengalami gaya lawan atau resisting force dari media yang dilalui tadi. Dapatlah dimengerti agar kapal dapat bergerak dengan suatu kecepatan yang dikehendaki, maka gaya lawan yang dialami kapal tersebut harus dapat diatasi oleh gaya lain yang mendorong kapal agar dapat bergerak sesuai dengan arah dan kecepatannya. Gaya lain itulah yang disebut gaya dorong atau lebih dikenal sebagai gaya penggerak atau propulsive force dari kapal.

Dalam perencanaan dapatlah dihasilkan sebuah kapal sesuai ukuran yang dikehendaki dengan bentuk badan kapal yang baik sekali dan sangat sesuai dipandang dari segi tahanan kapal yang pada kecepatan yang direncanakan. Namun bentuk badan kapal yang baik tersebut manfaatnya hanya dapat dipetik bilamana sistem propulsi dari kapal tersebut sesuai sehingga dengan tenaga sekecil mungkin dapat mencapai kecepatan kapal yang direncanakan tersebut.

Untuk dapat mengetahui sistem propulsi yang baik, maka perlu mengadakan penelaahan yang seksama dua hal sebagai berikut :

1. Alat propulsi dari sistem propulsi kapal yang akan memberikan gaya dorong atau thrust kapal.

Alat propulsi kapal yang umum digunakan sekarang adalah baling-baling atau screw propeller. Gaya dorong kepada kapal diperoleh dari gaya angkat / lift dialami oleh daun baling-baling pada waktu baling-baling tersebut berputar di air.

2. Sumber tenaga yang didapat dari bekerjanya mesin penggerak kapal. Alat propulsi baling-baling hanya dapat bekerja dengan bantuan bekerjanya suatu mesin penggerak.

Bila dalam merencana baling-baling kapal dengan memakai salah satu dari "propeller series diagram" yaitu Bp- δ diagram maka untuk keperluan perhitungan dalam perencanaannya salah satu datanya harus diketahui yaitu : kecepatan masuk rata-rata dari fluida yang melalui piringan baling-baling atau advance speed (V_a). Sedangkan pada umumnya yang diketahui adalah kecepatan kapal (V_s). Dengan mempelajari "wake" maka persoalan menetapkan V_a dan V_s dipecahkan, meskipun pelaksanaannya tidak semudah yang diperkirakan.

Baling-baling berputar menghasilkan thrust (T) atau gaya dorong kepada kapal supaya kapal dapat berjalan dengan kecepatan Vs. Di dalam perencanaan biasanya motor penggerak baling-baling sudah direncanakan akan bekerja dalam Normal Continuous Rating (NCR) atau Maximum Continuous Rating (MCR). Tetapi sering dijumpai motor penggerak motor induk mengalami trouble, karena motor induk dipaksakan bekerja untuk menghasilkan thrust yang diinginkan, sehingga baling-baling menerima beban yang berlebihan (overload).

Dalam rangkaian inilah penulis memilih judul dan sekaligus sebagai obyek penelitian dalam skripsinya.

" Analisa Pengaruh Wake Fraction Terhadap Thrust Kapal "

1.2. Tujuan Penulisan

1. Mengetahui seberapa jauh penyimpangan thrust yang dihasilkan oleh baling-baling akibat variasi harga wake fraction.
2. Mengetahui besarnya penyimpangan diameter dan efisiensi baling-baling akibat perubahan harga wake fraction.

1.3. Batasan Masalah

1. General Cargo dengan single screw.
2. Tidak mendesain baling-baling.
3. Tidak mengadakan penyelidikan experiment.
4. Harga wake fraction dibuat variasi antara 0,2 sampai 0,4.
5. Permasalahan dan pembahasan terbatas kapal jenis Caraka dengan bobot mati 3200 DWT

1.4. Metode Penulisan

Studi literatur dari berbagai literatur yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dan mengambil data di lapangan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. WAKE DAN WAKE FRACTION

2.1.1. PENGERTIAN WAKE DAN WAKE FRACTION

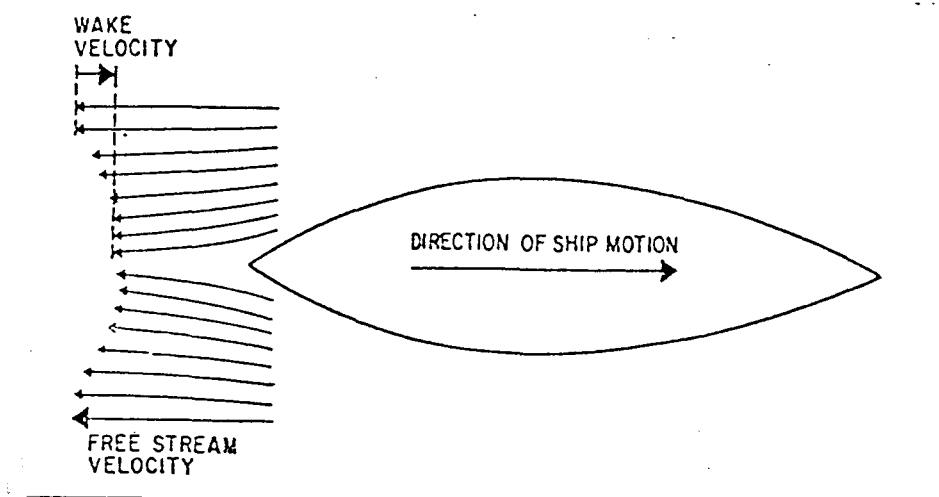
Bila seseorang yang diam di tempatnya memperhatikan sebuah kapal melintas di depannya, ia akan melihat di bagian belakang kapal ada aliran fluida searah gerakan kapal, yang dapat diamati untuk beberapa saat sesudah kapal lewat. Bagaimana kapal mempengaruhi fluida di daerah di tempat propeller bekerja itu dapat diterangkan sebagai berikut :

- *> Karena fluida mempunyai viskositas hull kapal akan membawa fluida bersamanya sehingga fluida di belakang kapal akan mempunyai kecepatan ke depan.
- *> Sehubungan bentuk kapal tekanan dalam aliran potensial bertambah dengan melebarnya stream lines atau arus air di bagian belakang kapal sehingga kecepatannya (V_a) akan berkurang. Jika pengurangan ini dibayangkan sebagai akibat superposisi dari suatu kecepatan aliran, maka aliran itu mempunyai arah yang berlawanan dengan aliran potensial.

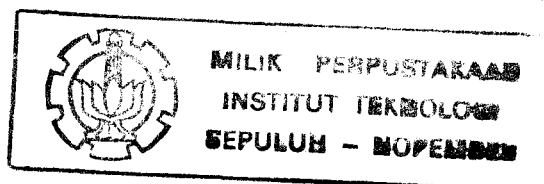
*> Wave making yang timbul di belakang kapal menyebabkan partikel-partikel fluida dalam sistem gelombang yang dihasilkan oleh gerakan kapal mempunyai komponen-komponen kecepatan ke arah depan atau belakang dalam gerak orbitalnya.

Ketiga efek ini cenderung memberikan gerakan ke depan dari fluida di bagian belakang kapal, bergabung membentuk "wake". Ketiga efek ini juga menyebabkan besarnya V_a akan selalu lebih rendah terhadap kecepatan kapal V_s . Selisih kedua harga kecepatan tersebut, $V_s - V_a$ akan merupakan kecepatan maju absolut yang disebut sebagai kecepatan wake.

$$V_w = V_s - V_a$$



gb.1. Diagram kecepatan akibat gerakan hull kapal



Sedangkan wake fraction w adalah ratio antara kecepatan wake dengan kecepatan kapal atau advance speed.

$$\text{- Menurut Taylor : } \psi = \frac{V_w}{V_s} = \frac{V_s - V_a}{V_s} = \frac{\psi_F}{1 + \psi_F} \quad 1^>$$

$$\text{- Menurut Froude : } \psi_F = \frac{V_w}{V_a} = \frac{V_s - V_a}{V_a} = \frac{w}{1 - w}$$

Dari rumus - rumus di atas, notasi Froude nampaknya lebih baik untuk menghitung V_s dari V_a , sedangkan notasi Taylor lebih wajar untuk menghitung V_a dan V_s , dan lebih sering dipakai karena sebuah wake 50% berarti kecepatan wake berjumlah 50% dari kecepatan kapal, sedangkan dalam notasi Froude sebuah wake 50% berpengertian bahwa kecepatan wake 33% dari kecepatan kapal. Lagipula dalam prakteknya umumnya yang diketahui adalah kecepatan kapal bukan advance speed.

$$\text{Jadi, } \frac{V_a}{V_s} = (1 - \psi)$$

Dengan demikian dapatlah sekarang dirumuskan :

$$V_a = (1 - \psi) V_s$$

2.1.2. MACAM - MACAM KOMPONEN WAKE

Ada 3 komponen dalam pembentukan wake yaitu :

- a> Frictional wake, yang merupakan komponen terpenting dari wake total, karena di dalamnya terkandung energi kinetis, dan dapat diambil kembali sebagian

oleh propeller untuk mengembangkan propulsive coefficient (PC).

b> Potensial wake, yang tidak meninggalkan energi di dalam fluida.

c> Wave wake yang praktisnya dapat diabaikan untuk kapal-kapal lamban.

Dalam keadaan biasa wake total bertanda positif artinya searah gerakan kapal. Perkecualian ada pada kapal-kapal berkecepatan tinggi (kapal-kapal perang dan motor boat). Wave wake bertanda negatif karena pembentukan lembah gelombang pada bagian buritan kapal, sedangkan potensial wake dan frictional wake jadi mengecil karena bentuk hull kapal yang langsing. Akibatnya wake total dapat menjadi nol atau sedikit negatif.

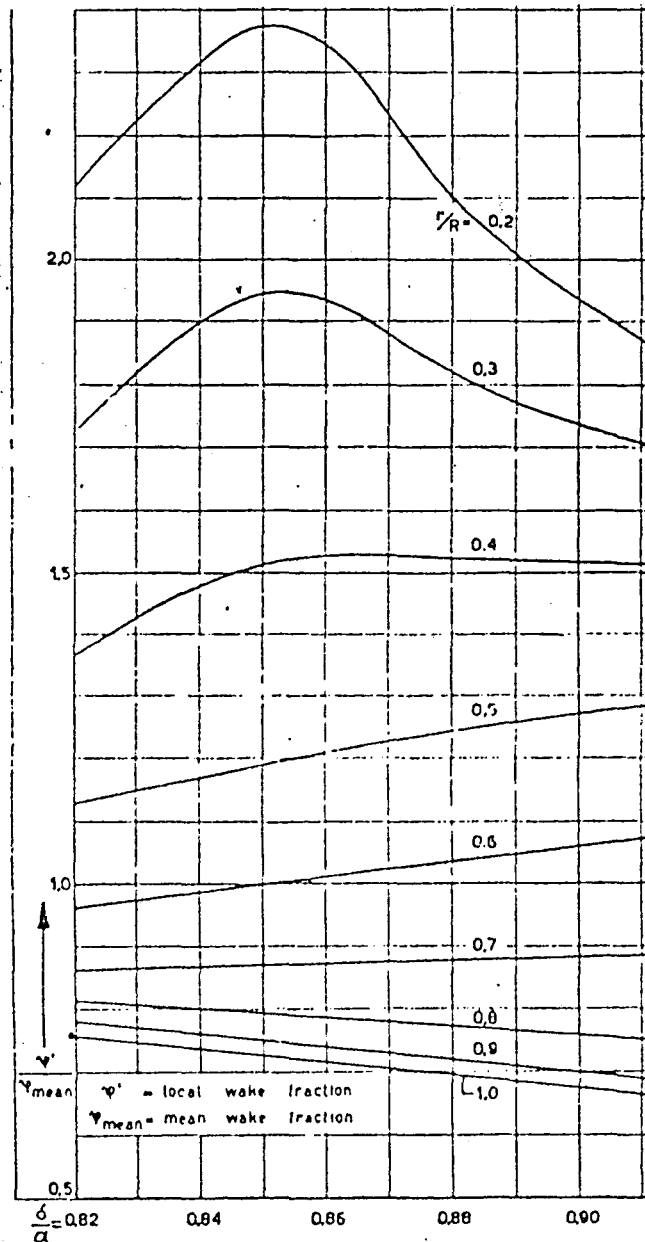
Kecepatan wake total yaitu kecepatan yang diukur pada suatu titik di dalam piringan baling-baling, dapat diuraikan dalam komponen-komponen kecepatan radial dan tangensial, keduanya dalam bidang piringan dan kecepatan radial yang tegak lurus bidang piringan. Kecepatan waktu tidak konstan dikeseluruhan piringan, tapi berbeda beda baik dalam arah maupun besarnya. Wake yang non uniform ini terutama terasa pada kapal-kapal single screw. Hal ini disebabkan frictional wake meninggalkan harga maximumnya di daerah pertengahan bidang lintang menuju ke tepi dengan cepat.

2.1.3. DISTRIBUTION WAKE

Distribusi wake dikeseluruhan piringan baling -
baling baik dalam arus axial, radial, maupun circum-
ferential dapat diukur dengan memakai alat :

- Pitot tube
- Ring wake meter
- Blade wheels.

Dua diagram berikut ini akan memberi gambaran yang lebih jelas tentang distribusi wake. Diagram pertama menunjukkan distribusi wake dalam komponen axial, hasil pengukuran dari sebuah kapal single screw dengan $C_b = 0.65$ dan kecepatan percobaan 19.4 knot.



Gb. 3. Diagram distribusi wake untuk kapal single screw

Dapat dilihat bahwa wake sangat besar pada bidang pertengahan vertikal dan selanjutnya menurun dengan cepat ke arah luar, terutama di kwadrant-kwadrant bawah.

Diagram berikutnya menunjukkan distribusi wake total untuk kapal-kapal single screw sebagai fungsi dari koefisien prismatik melintang δ/α_z dan radius baling-baling sebagai parameteranya.

dimana : r = radius seksi propeller

R = jari-jari propeller

Kegunaan diagram ini adalah untuk merencanakan wake dan adapted screw propeller, jika pengukuran distribusi wake pada experiment model tidak tersedia.

2.1.4. FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI WAKE FRACTION

Telah disebutkan bahwa wake fraction sangat bervariasi besarnya, karena ukuran wake juga sangat bervariasi baik dalam arah maupun besarnya.

Faktor utama yang mempengaruhi wake adalah kelangsungan bentuk hull kapal, sehingga banyak rumus untuk menentukan wake fraction merupakan fungsi dari koefisien block (C_b). Wake akan bertambah dengan membesarnya C_b . Harga wake fraction tidak hanya dipengaruhi oleh C_b bagian belakang kapal tetapi oleh C_b dari keseluruhan hull kapal.

Pengaruh - pengaruh lainnya dari kapal terhadap wake fraction yaitu :

1. Panjang kapal

Menentukan ketebalan boundary layer kapal sebagai pembentuk frictional wake, sehingga beberapa bagian dari baling-baling yang bekerja dalam frictional wake tersebut tergantung dari tebalnya boundary layer.

2. Lebar kapal

Menurut penelitian Harvald, peningkatan ratio B/L dari 0.12 menjadi 0.20 menyebabkan pertambahan wake fraction sebesar $\pm 35\%$ pada $C_b = 0.50$ dan sebesar $\pm 50\%$ pada $C_b = 0.75$

3. Sarat kapal (T)

Dari hasil penyelidikan disimpulkan bahwa harga wake fraction terendah pada T maksimum.

4. Kondisi permukaan luar badan kapal

Dari hasil eksperimen model disimpulkan bahwa wake fraction bertambah dengan makin kasarnya hull kapal.

5. Trim kapal

Dengan anggapan bahwa baling-baling tetap tercelup di dalam air, wake fraction akan lebih kecil

bila kapal dalam keadaan trim-by-stern.

6. Letak titik tekan ke atas displacement kapal (LCB)

Pemindahan letak LCB lebih ke depan mengakibatkan pengurangan wake fraction. Hal ini sama dengan pengaruh bentuk penampang V di belakang kapal.

Aliran wake juga dipengaruhi oleh adanya bagian - bagian kapal yang letaknya menonjol keluar dari hull kapal. Sebagai contoh, peletakan kemudi di belakang kapal akan menambah besarnya aliran wake karena gaya resultan dari aksi kerja kemudi berarah maju. Hal ini mengakibatkan sedikit pertambahan pada wake fraction yang tergantung pada ketebalan profil daun kemudi dan jarak sisi depan kemudi ke bidang propeller.

Selain hal - hal tersebut di atas, fluida yang mengelilingi hull kapal juga mempengaruhi besarnya aliran wake. Karena komponen utama dari wake adalah frictional wake, jelaslah viskositas fluida memainkan peranan penting dalam penentuan besarnya wake fraction. Sebagai tambahan, keadaan perairan di mana kapal beroperasi juga turut mempengaruhi aliran wake. Misalnya dengan adanya arus yang bertentangan dengan gerak kapal, tahanan kapal bertambah dan akan mengurangi besarnya wake. Dangkalnya air malah sangat mempengaruhi aliran wake, karena wake fraction bertambah dengan pesat pada air yang makin dangkal.

2.1.5. CARA MENDAPATKAN HARGA WAKE FRACTION

Jika merencanakan sebuah propeller untuk sebuah kapal perlu mengestimasi harga-harga yang mungkin untuk wake fraction dan faktor-faktor propulsive lainnya, karena semua harga ini akan dimasukkan dalam perhitungan.

Dari data - data yang diperoleh melalui percobaan layar kapal-kapal sejenis, harga wake fraction dapat juga ditentukan secara pendekatan. Untuk mempergunakan cara ini, tentu saja dibutuhkan asumsi awal, bahwa :

- 1> Diagram-diagram untuk propeller open water menggambarkan performance baling-baling sesungguhnya di belakang kapal.
- 2> Baling - baling kapal termasuk dalam seri yang ada sehingga berlaku diagram - diagram yang sesuai.

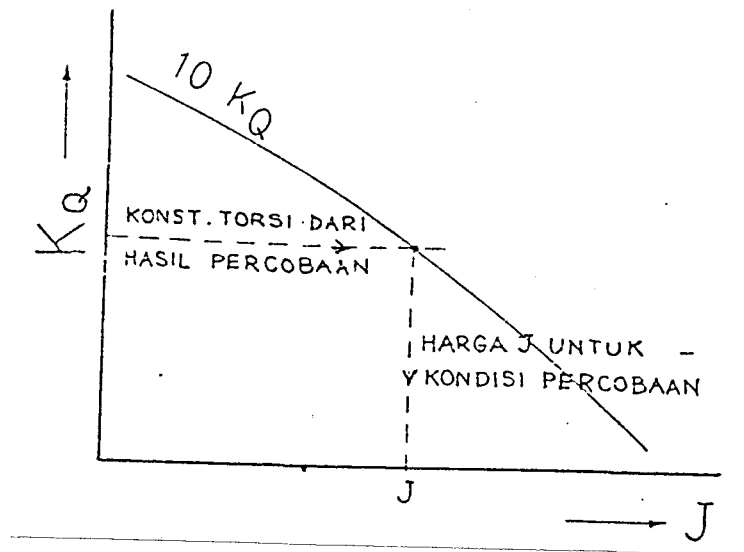
Dengan metode kesamaan torsi, wake fraction dapat ditentukan sebagai berikut :

- 1> Untuk suatu kecepatan kapal V_s yang diketahui, ditentukan harga-harga torsi Q dan putaran $N.n N$.
- 2> Konstanta torsi dapat dihitung dengan rumus :

$$K_Q = \frac{Q}{\rho N^2 D^5} \quad 2>$$

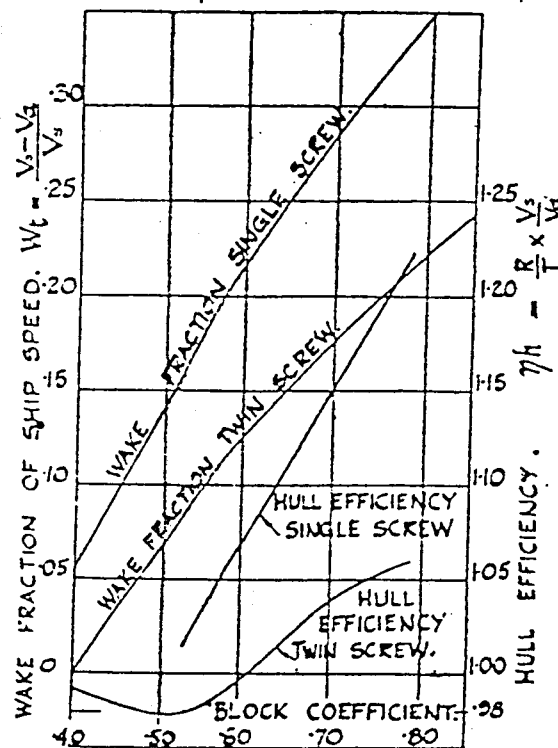
- 3> Bila konstanta torsi untuk bermacam-macam harga τ tersedia untuk baling-baling dalam diagram open

water tersebut, adalah mungkin menemukan harga τ yang berhubungan dengan kondisi percobaan seperti gambar di bawah ini.



gb. 4. Diagram open water test untuk penentuan harga wake fraction dari hasil percobaan layar.

- 4> Karena $\tau = \frac{V_a}{n D}$ maka $V_a = \tau \cdot n \cdot D$ dan karena diameter propeller tidak diketahui maka V_a dapat dihitung, sehingga kecepatan wake dapat pula ditentukan dari persamaan (1) dan akhirnya harga wake fraction diperoleh.



gb. 5. Diagram harga rata - rata
wake fraction menurut Barnaby

dimana :

B = lebar kapal

D = diameter baling - baling

E = tinggi poros dari dasar

d = sarat kapal

Selain itu ada bermacam-macam rumus yang dapat digunakan untuk menghitung harga wake fraction bagi kapal-kapal single screw. Sesuai dengan kebutuhannya, rumus-rumus tersebut terbentuk dalam berbagai fungsi besaran tetapi sebagian besar memasukkan koefisien block (C_b)

- > Menurut Mac Dermott, wake fraction (ψ) juga tergantung pada panjang kapal yaitu :

$$\varphi = 0.16 \left[\frac{C_p}{C_m} L^{1/6} - 0.6 \right]$$

dimana : L = panjang kapal

C_p = koefisien prismatic membujur

C_m = koefisien midship

- > Menurut Taylor berdasarkan pada hasil penyelidikan Luke adalah :

$$\psi = 0.5 C_b - 0.05 \quad 4>$$

di mana : C_b = koefisien block pada length displacement

Rumus ini sangat sederhana dan praktis, tetapi lebih cocok untuk kapal-kapal niaga normal dan large heavy vessel dengan letak propeller yang normal, serta memiliki C_b yang biasa antara 0.54 sampai 0.84.

- > Menurut Heckscher, ψ merupakan fungsi koefisien prismatic yaitu :

$$\psi = 0.70 \varphi - 0.18$$

di mana : φ = koefisien prismatic

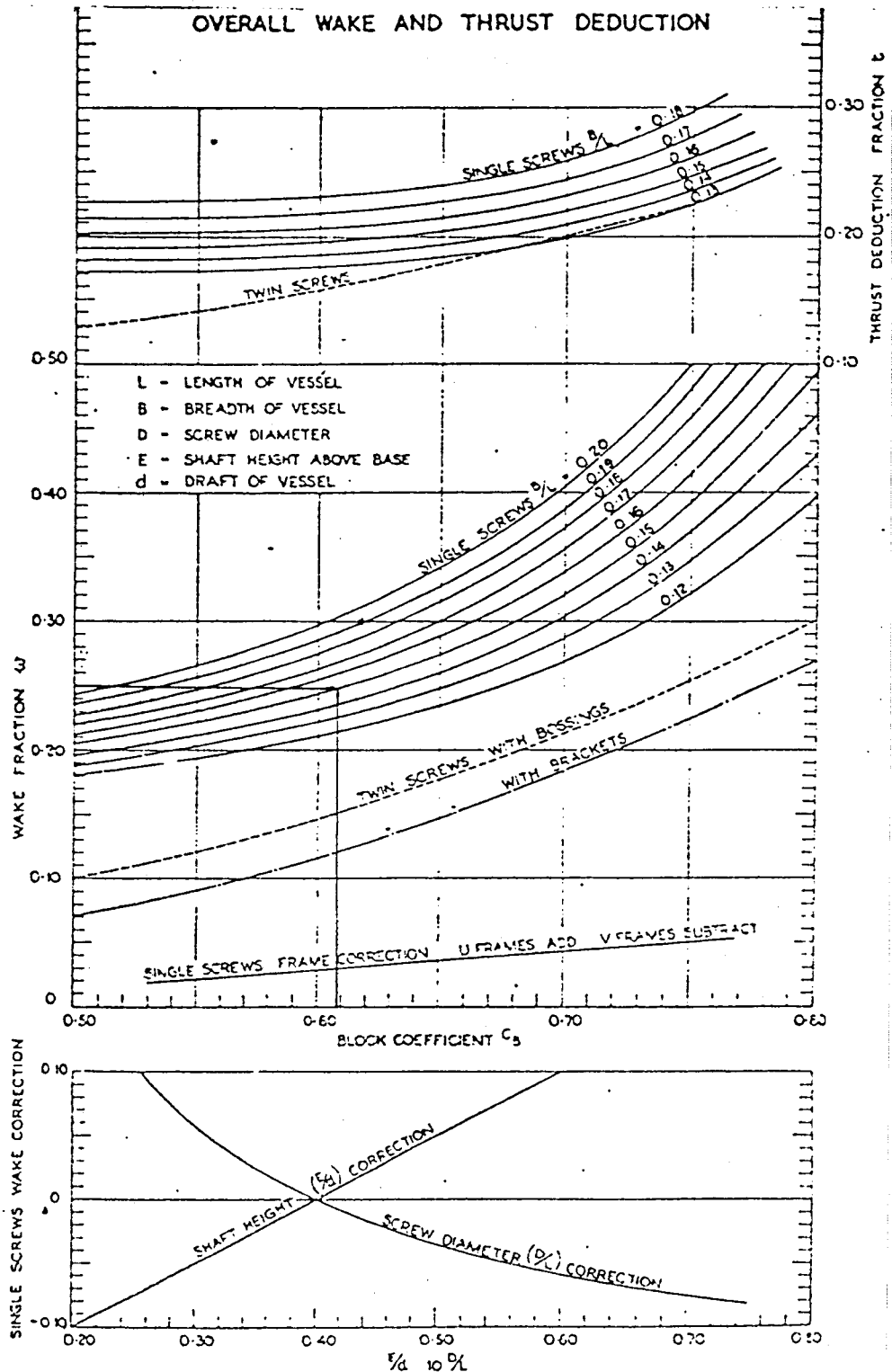
$$\text{memanjang} = \frac{C_b}{C_m}$$

Dengan metode kesamaan thrust, wake fraction dapat ditentukan dengan proses serupa di atas, hanya kini memakai konstanta thrust :

$$K_T = \frac{T}{\rho N^2 D^4} \quad 3>$$

Beberapa diagram dapat juga dipakai untuk menentukan wake fraction. Diagram-diagram ini semuanya fungsi dari koefisien block (C_b).

- > Diagram pertama dibuat oleh Barnaby, menunjukkan harga wake fraction dan hull efficiency. Berlaku untuk kapal-kapal dengan ukuran baling-baling normal dan lebih cocok untuk kapal-kapal kecil dan light vessel.
- > Diagram kedua dibuat lebih teliti oleh Harvald, yang membutuhkan 200 model kapal untuk percobaan di towing tank di Belanda. Dalam diagram ini terdapat harga-harga wake fraction dan thrust deduction fraction. Khusus untuk kapal-kapal single screw, perbandingan B/L diambil sebagai parameter adalah koreksi pertama, juga sebagai fungsi C_b , di mana frame berbentuk U mendapat tambahan sedangkan frame bentuk V mendapat pengurangan harga. Koreksi berikutnya untuk diameter dan tinggi poros baling-baling, masing-masing sebagai fungsi dari D/L dan E/T .



gb. 6. Diagram Harvald untuk menentukan wake fraction dan thrust deduction fraction

Rumus ini seperti rumus Taylor, hanya dapat digunakan untuk kapal-kapal niaga normal (C_b antara 0.54 sampai 0.84)

> Menurut Papmehl, berlaku umum untuk kapal - kapal single screw.

$$\psi = 0.22 \delta Z_p [\Delta^{1/3}/D]^{0.5}$$

di mana : δ = koefisien block

Z_p = jumlah propeller

Δ = displacement kapal ; ton

D = diameter propeller

> Menurut Schoenherr,

$$\psi = 0.1 + 4.5 \frac{\frac{\delta \varphi}{\alpha} \frac{B}{L}}{(7 - 6 \frac{\delta}{\alpha})(2.8 - 1.8\varphi)} + 0.5 \left(\frac{E}{T} - \frac{D}{B} - k K \right) \quad 5>$$

di mana : L = panjang kapal ; ft

B = lebar kapal ; ft

T = sarat kapal ; ft

D = diameter propeller ; ft

E = tinggi poros di atas base line ; ft

K = rake ; radian

δ = koefisien block

φ = koefisien membujur

α = koefisien garis air muat

k = 0.3, untuk stern normal

0.5, untuk stern tanpa deadwood

Rumus ini juga berlaku umum untuk kapal-kapal single screw dan tidak selalu memberikan harga $\psi > 0.1$ karena ruas akhir juga dapat menjadi negatif.

> Menurut Telfer,

$$\psi = \frac{3}{1 - \frac{\phi^2}{\alpha}} \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{E}{T} \left(1 - \frac{3D + 2x}{2B} \right) \quad \text{6}$$

di mana : L, B, T, D., E, ϕ , α mempunyai arti yang sama dengan rumus Schoenherr
 $x = \text{rake} + \text{skew ; ft}$

2.2. THRUST DEDUCTION FRACTION

Harga thrust T yang mempunyai gaya dorong kepada kapal sehingga baling-baling dapat bergerak maju V_a dan kapal berjalan dengan kecepatan V_s haruslah lebih besar terhadap tahanan kapal R pada kecepatan V_s tersebut. Di samping itu faktor-faktor di bawah ini juga menyebabkan harus adanya perbedaan harga tersebut, yaitu :

- 1> Baling-baling berputar mengakibatkan air di buritan kapal akan memperoleh percepatan dan hal ini akan mengakibatkan bertambah besarnya tahanan gesek (frictional resistance).
- 2> Baling-baling bekerja di daerah kecepatan yang

berpotensi (potential velocity field) di buritan kapal.

- 3> Sistem ombak di buritan kapal akan dipengaruhi oleh bekerjanya baling-baling, sehingga bekerjanya baling-baling tersebut akan merubah besarnya tahanan gelombang kapal (wave making resistance). Sudah tentu bekerjanya baling-baling juga terpengaruh hasilnya oleh adanya sistem gelombang di buritan pada saat kapal berjalan (pengaruh timbal balik).

Selisih harga T dan harga R dikenal sebagai thrust deduction.

$$\text{Thrust deduction} = (T - R)$$

Adapun ratio antara harga di atas terhadap harga T disebut sebagai thrust deduction fraction (t)

$$t = \frac{T - R}{T}$$

atau

$$R = (1 - t) T$$

Sebelumnya sudah dibahas tentang koefisien thrust baling-baling ;persamaan (2); Bila kapal bergerak dengan bebas terdapat suatu koefisien $K_R = R_T / \rho n^2 D^4$ dan bila kondisi kapal overload maka,

cara ini dapat dipakai untuk kapal single screw dan twin screw, jika propeller dirancang simetris. Jika tidak simetris atau menggunakan tiga baling-baling atau lebih, tidak mungkin untuk menghitung thrust deduction fraction untuk masing-masing baling-baling, hanya harga rata-ratanya saja yang dapat dihitung dengan pengujian model kapal.

2.2.2. BEBERAPA FAKTOR YANG MEMPENGARUHI THRUST DEDUCTION

Banyak ilmuwan yang mengasumsikan bahwa thrust deduction fraction mempunyai hubungan erat dengan wake fraction. Hal ini harus dibuktikan dengan berbagai teori yang dihasilkan dari experimental, namun masih banyak masalah yang belum dapat diselesaikan.

Kemudian diasumsikan bahwa tidak sederhana hubungan antara thrust deduction dan wake, namun kemungkinan kedua fraction tersebut tergantung pada beberapa faktor yang sama. oleh Harvald ditarik kesimpulan bahwa :

- Thrust deduction fraction t tergantung dari koefisien block δ dan B/L kapal.
- Untuk kapal dengan buritan yang berbentuk V mempunyai harga t yang lebih besar dibanding dengan buritan kapal yang berbentuk U.
- Untuk kapal dengan bentuk buritan V bisa diasumsikan bahwa perbedaan D/L dari 0,03 sampai 0,05 menghasilkan penambahan t sekitar 0,04 untuk kapal dengan buritan U, perubahan harga D/L hampir tidak berpengaruh pada t .
- Thrust deduction fraction t dipengaruhi oleh jarak poros propeler terhadap keel.

- Pengaturan/penempatan propeller sangat mempengaruhi thrust deduction fraction t .
- Thrust deduction coefficient akan bertambah seiringan dengan berkurangnya kedalaman air.

2.3. DEFINISI - DEFINISI

Propulsive coefficient (P C) dipakai sebagai ukuran untuk menilai efisiensi dari propulsi kapal, merupakan perbandingan antara towing power terhadap propelling power.

$$PC = \frac{EHP}{SHP}$$

dimana :

EHP = tenaga efektif kapal yaitu tenaga yang dibutuhkan untuk menarik kapal dengan tahanan sebesar R (kg) pada kecepatan kapal V_s (m/det)

$$EHP = \frac{R \cdot V_s}{75}$$

SHP = tenaga yang diberikan kepada baling-baling untuk menggerakkan kapal pada kecepatan V_s (m/det)

$$SHP = \frac{2 \pi Q n}{75}$$

dimana :

Q = torsi pada poros (kg mm)

n = putaran poros propeller (rps)

Dengan demikian propulsive coefficient dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PC = \frac{EHP}{SHP} = \frac{R \cdot V_s}{2 \pi Q n}$$

Effisiensi baling-baling (η_p) merupakan ukuran baik buruknya baling - baling ditinjau dari segi produktifitasnya dalam menghasilkan gaya dorong.

$$\eta_p = \frac{THP}{SHP}$$

Sedangkan besarnya $THP = \frac{T \cdot V_a}{75}$

dimana :

T = gaya dorong yang dihasilkan baling - baling (kg)

Dengan demikian maka :

$$\eta_p = \frac{THP}{SHP} = \frac{T \cdot V_a}{2 \pi Q n}$$

Hull effeciency (η_H) adalah harga perbandingan antara EHP terhadap THP

$$\begin{aligned} \eta_H &= \frac{EHP}{THP} = \frac{R \cdot V_s}{T \cdot V_a} \\ &= \frac{T(1-t) \cdot V_s}{T(1-w) \cdot V_s} = \frac{1-t}{1-w} \end{aligned}$$

Adapun efisiensi dari baling-baling dapat dibedakan menjadi 2 kondisi, yakni efisiensi baling-baling pada kondisi terbuka (open condition) dan efisiensi baling-baling pada kondisi di belakang kapal (behind the ship condition). Sebagai ukuran perbandingan dipakailah harga pendekatan kedua harga tersebut yang dikenal sebagai relative rotative efficiency (η_{rr}).

$$\begin{aligned}\eta_{rr} &= \frac{\eta_p \text{ behind the ship condition}}{\eta_p \text{ open water condition}} \\ &= \frac{\frac{T \cdot V_a}{2\pi Q_n}}{\frac{T \cdot V_a}{2\pi Q_o \cdot n}} = \frac{T/Q}{T_o/Q_o}\end{aligned}$$

Dengan memakai definisi-definisi dan ketentuan-ketentuan diatas, maka PC dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PC = \frac{R \cdot V_s}{2\pi Q_n} = \frac{R \cdot V_s}{T \cdot V_a} \times \frac{T_a \cdot V_a}{2\pi Q_o \cdot n} \times \frac{T/Q}{T_o/Q_o}$$

Jadi :

$$PC = \eta_H \times \eta_p \times \eta_{rr}$$

2.4. TEORI BALING - BALING MENURUT PERKEMBANGANNYA

Pada saat permulaan dari teori baling-baling yang belum berkembang seperti sekarang ini dianut orang, bekerjanya baling-baling dijelaskan dengan cara yang sangat sederhana, yaitu berdasarkan prinsip bekerjanya mur dan baut

(screw & nut). Kemudian teori baling-baling dikembangkan orang dengan 2 teori yaitu :

- Teori Momentum
- Teori Elemen Daun / Blade Element Theory

Teori momentum menerangkan gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling adalah disebabkan oleh perbedaan momentum yang terjadi pada waktu daun baling-baling bergerak di fluida. Dibandingkan terhadap teori mur dan baut, teori ini lebih dapat diterima orang karena efisiensi baling baling tanpa gesekan tergantung pada beban dari daun baling-baling tersebut. Hanya kelemahannya adalah bentuk dari daun baling-baling menurut teori ini seolah-olah tidak berpengaruh.

Teori elemen daun menentukan gaya-gaya yang dihasilkan oleh setiap potongan daun atau elemen daun dari baling-baling, untuk kemudian dengan cara mengintegalkan gaya-gaya dorong dari setiap elemen tadi akan menghasilkan gaya dorong total. Walaupun menurut teori ini bentuk dari daun baling-baling diperhitungkan, namun demikian efisiensi baling-baling yang diperolehnya masih belum sempurna.

Teori terbaru yang sampai saat ini dipergunakan orang adalah teori sirkulasi atau teori vortex baling-baling. Menurut teori ini, hubungan antara gaya yang bekerja pada elemen daun dan perubahan momentum yang terjadi

pada fluida di sekitar daun baling-baling bekerja dapat diketahui.

2.4.1. TEORI SIRKULASI /TEORI VORTEX BALING - BALING

Teori sirkulasi atau teori vortex baling-baling ini adalah teori yang lebih dapat menjelaskan bagaimana terjadinya dan perhitungan gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling.

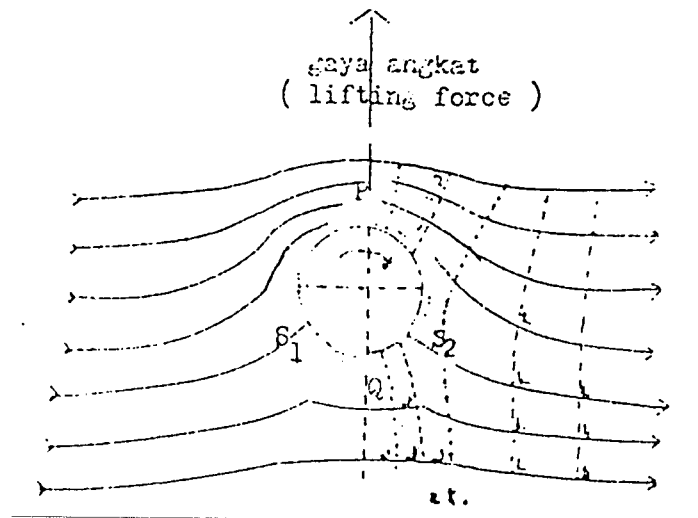
Pengertian sirkulasi / circulation (Γ) didefinisikan sebagai integral garis / line integral yang menunjukkan integrasi hasil perkalian antara elemen jalan yang dilalui / path element ds dengan komponen kecepatan V_s .

$$\Gamma = \oint V_s ds$$

Sebagai contoh, sebuah silinder yang tidak terhingga tingginya, diletakkan didalam suatu aliran fluida ideal. Dalam keadaan diam, pada silinder di aliran fluida itu, tidak terjadi gaya angkat / lifting force. Bilamana silinder tersebut diputar, maka terjadilah suatu sirkulasi aliran fluida atau vortex yang bergabung dengan aliran fluida tadi akan menghasilkan gaya angkat atau lifting force. Pengaruh perputaran atau sirkulasi ini dikenal sebagai "magnus effect".

Superposisi antara aliran streamline dari aliran fluida ideal dan adanya silinder vertikal dengan aliran

putarnya (eddying flow) akan menghasilkan suatu bentuk atau pattern aliran fluida baru seperti terlihat pada gambar 7.



gb 7. magnus effect

Dengan persamaan Bernoulli, akan diketemukan bahwa tekanan di P akan lebih rendah daripada di Q , sehingga akan menghasilkan gaya dorong yang arahnya tegak lurus terhadap aliran streamline tersebut. Bentuk dari garis-garis lengkungan dari aliran fluida baru tersebut dan letaknya titik-titik stagnasi s_1 dan s_2 (di titik-titik tersebut kecepatan partikel fluida = nol) bergantung dari kekuatan sirkulasi Γ .

Aliran sirkulasi adalah suatu type aliran yang dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$r \cdot v = \text{konstan}$$

dimana :

r = jari-jari vektor yang ditarik dari titik pusat ke titik kerja dari kecepatan vektor.

v = kecepatan dimana arahnya di setiap titik akan tegak lurus terhadap jari-jari vektor.

Jadi aliran vortex tersebut dipengaruhi oleh hubungan tertentu antara kecepatan v dan jarak r dari lingkaran streamline ke titik pusatnya. Hal itu berarti :

- untuk r yang sama, besarnya kecepatan v konstan.
- untuk r yang berbeda, harga v berbanding terbalik terhadap r .

BAB III

DATA DAN PERUMUSAN MASALAH

3.1. DATA - DATA

Data kapal :

Loa = 98,0 m
Lpp = 92,0 m
Bmld = 16,5 m
H = 7,8 m
T = 5,0 m
Vs = 12 knot
Cb = 0,659
Cp = 0,662
Δ = 5137 ton
WSA = 1755 m³
DWT = 3200 ton

Data mesin yang dipakai :

Merk : Mitsui B&W
Type : 4 L 35 MCE - two stoke engine
Daya nominal MCR : 1940 hp (1426,69 kW)
164 rpm

Data propeller :

Type	: B.4.47
Diameter D	: 3450 mm
Pitch H	: 2586 mm
Pitch ratio H/D	: 0,75
Disc area F	: 9,348 m ²
Expanded area Fa	: 4.394 m ²
Area ratio Fa/F	: 0,47
Max. width ratio (0,66 R)	: 0,2681
Max. width of blade (0,66 R)	: 925 mm
Blade thickness ratio	: 0,043
Boss - diameter ratio	: 0,18
Rake of blade	: 8°
No. of blade	: 4

3.2. PERMASALAHAN

Pada prinsipnya baling - baling di desain untuk mendapatkan gaya dorong yang dikehendaki oleh si pemilik kapal dengan ukuran diameter yang sesuai dan effisiensinya semaksimal mungkin.

Sedangkan di dalam perencanaan baling - baling ada faktor yang sangat berpengaruh yaitu advance speed. Untuk mengetahui apabila ada penilaian yang keliru dari harga advance speed, apakah pengaruhnya besar sekali terhadap

diameter dan efisiensi propeller pada khususnya dan terhadap thrust kapal pada umumnya, maka hal ini diperlukan suatu analisa.

Permasalahannya/perumusan masalah :

- *> Perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan ukuran dan karakteristik kerja propeller.
- *> Menentukan besarnya thrust/gaya dorong dengan memvariasikan harga advance speed.
- *> Menganalisa harga thrust dan efisiensi yang di dapat dari hasil perhitungan kemudian menyimpulkannya dalam sebuah grafik.

BAB IV

PEMBAHASAN MASALAH

4.1 PERHITUNGAN KARAKTERISTIK KERJA PROPELLER

Perhitungan ini menggunakan systemtic propeler diagram dan untuk mempercepat proses optimasi maka proses perhitungan selanjutnya akan dikerjakan dengan bantuan komputer. Langkah - langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

Sebagai contoh perhitungan akan diambil harga wake fraction sama dengan 0,25.

1. Menentukan besarnya advance speed [Va]

$$\begin{aligned} V_a &= (1 - \omega) \cdot V_s \\ &= (1 - 0,25) \times 12 \\ &= 9 \text{ knot.} \end{aligned}$$

2. Dilakukan beberapa koreksi untuk memperbaiki ketelitian dalam perhitungan, antara lain :

- scale effect.

RPM propeller harus dikoreksi karena adanya pengaruh skala dalam komponen - komponen dari propulsive coefficient, khususnya wake, sehingga "propeller behind the ship" bekerja pada putaran yang dikehendaki sama dengan yang dipakai pada

systematic propeller diagram.

Menurut Tangki percobaan Wageningen, besarnya koreksi untuk RPM adalah :

- 2% untuk service condition. *>
- 3% untuk trial condition.

$$\begin{aligned}
 \longrightarrow N' &= 0,98 \cdot N \\
 &= 0,98 \times 164 \\
 &= 160,72 \text{ rpm.}
 \end{aligned}$$

- Koreksi tenaga.

Dengan adanya kerugian - kerugian gesekan pada sistim poros seperti stuffing box, bearings dan lain - lain, maka besarnya tenaga pada poros propeller akan lebih kecil dari tenaga mesin penggerak kapal. Koreksi tersebut :

- 3% untuk letak kamar mesin di belakang. *>
- 5% untuk letak kamar mesin di tengah.

$$\begin{aligned}
 \longrightarrow Pd' &= 0,97 \cdot Pd \\
 &= 0,97 \times 1940 \\
 &= 1881,8 \text{ Hp.}
 \end{aligned}$$

3. Dihitung besarnya load factor B_p dari rumus :

$$B_p = \frac{N' \cdot Pd^{0,5}}{Va^{2,5}}$$

*> Ref. 5, halaman 234

dimana :

$$\begin{aligned}
 P_D &= \frac{1000}{1025} \times \frac{75}{76} \times P_d' \\
 &= \frac{1000}{1025} \times \frac{75}{76} \times 1881,8 \\
 &= 1811,746 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}
 B_p &= \frac{160,72 \times 1811,746^{0,5}}{9^{2,5}} \\
 &= 28,15
 \end{aligned}$$

4. Pada harga B_p terhitung ini, dapat diketahui besarnya δ yang sesuai yaitu dengan memotongkannya dengan garis optimum di dalam grafik $B_p - \delta$.

—→ didapat harga $\delta = 208,3$

Harga δ yang didapat harus dikurangi 5% ~ 8% untuk kapal dengan baling - baling tunggal.

$$\begin{aligned}
 \delta' &= 0,95 \cdot \delta \\
 &= 0,95 \times 208,3 \\
 &= 197,885
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dibaca pula besarnya efisiensi propeller (η_p).

—→ didapat harga $\eta_p = 0,593$

5. Untuk menghitung besarnya diameter propeller, dipakai rumus :

$$d = \frac{\delta' \cdot V_a}{N'}$$

dimana :

$\delta' = \delta$ yang sudah dikoreksi

= 197,885

V_a = advance speed

= 9 knot

$N' = \text{RPM propeller yang sudah dikoreksi.}$

= 159,08 rpm

Jadi ;

$$d = \frac{197,885 \times 9}{159,08}$$

= 11,95 ft.

= 3412,359 mm.

6. Harga - harga η_p dan d yang diperoleh ini, akhirnya diperbandingkan terhadap η_{p0} dan D_0 sehingga akan diketahui berapa jauh penyimpangannya.

$$\begin{aligned} \longrightarrow \text{Penyimpangan diameter} &= \frac{d}{D_0} \\ &= \frac{3412,359}{3450} \\ &= 0,989 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \longrightarrow \text{Penyimpangan efisiensi} &= \frac{\eta_p}{\eta_{po}} \\
 &= \frac{0,593}{0,550} \\
 &= 1,078
 \end{aligned}$$

Untuk harga - harga wake fraction yang lain dikerjakan dengan cara yang analog, dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran - 1.

4.2 PERHITUNGAN HARGA THRUST DENGAN TEORI SIRKULASI

Untuk dapat mengetahui besarnya thrust yang dihasilkan oleh propeller maka dilakukan perhitungan dan untuk mempercepat proses optimasi maka perhitungan selanjutnya akan dikerjakan dengan bantuan program komputer Excel. Sebagai contoh perhitungan diambil satu elemen daun pada wake fraction 0,2 dengan perbandingan $r/R = 0,2$.

Adapun urutan perhitungannya sebagai berikut :

1. Konstanta thrust

$$C_s = \frac{S}{\pi \cdot \rho^2 \cdot V_e^2 \cdot D}$$

dimana :

$$S = \text{thrust} = 18210 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{*> di air tawar, } S &= \frac{1000}{1025} \times 18210 \\ &= 17770 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$D = \text{diameter propeller} = 3.45 \text{ m}$$

$$\rho = \text{densitas air tawar} = 100 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} V_e &= \text{advance speed} = (1 - 0.3) \times 12 \\ &= 8.4 \text{ knot} \\ &= 4.32 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{8 \times 17770}{3.14 \times 100 \times 4.32^2 \times 3.45^2} \\ &= 2.038 \end{aligned}$$

2. Koefisien kecepatan

$$\lambda = \frac{V_e}{\pi \cdot n \cdot D}$$

dimana :

$$\begin{aligned} n &= \text{putaran propeller} = 164 \text{ rpm} \\ &= 2.73 \text{ rps} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{4.32}{3.14 \times 2.73 \times 3.45} \\ &= 0.146 \end{aligned}$$

*> Karena pengaruh harga ε_i terhadap variabel $(b_o - \lambda)$ sangat kecil, maka diasumsikan harga rata - rata ε_i sama dengan 0.025

*> Untuk baling - baling berdaun 4, harga $(b_o - \lambda)$ dapat diketahui dari grafik (lihat lampiran)

3. Dari grafik didapat harga variabel $(b_o - \lambda) = 0.0747$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } b_o &= 0.075 + 0.146 \\ &= 0.221 \end{aligned}$$

4. Kemudian menghitung koefisien δ dengan rumus

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{2 (b_o - \lambda)}{\lambda} \\ &= \frac{2 \times 0.075}{0.075} \\ &= 1.02 \end{aligned}$$

5. Hydrodynamic pitch angle

$$\tan \beta = c (b_o - x)$$

dimana :

$$x = R/r = 5$$

$$c = 1 + \frac{\frac{\delta}{2} \left[\frac{(b_o \cdot x)^2}{1 + (b_o \cdot x)^2} - \frac{b_o^2}{1 + b_o^2} \right]}{\left[1 + \frac{0.5 \delta}{(1 + b_o \cdot x)^2} \right] \left[\frac{1}{1 + (b_o \cdot x)^2} \right]}$$

$$c = 1 + \frac{\frac{1.02}{2} \left[\frac{(0.221 \times 5)^2}{1 + (0.221 \times 5)^2} - \frac{0.221^2}{1 + 0.221^2} \right]}{\left[1 + \frac{0.5 \times 1.02}{(1 + 0.221 \times 5)^2} \right] \left[\frac{1}{1 + (0.221 \times 5)^2} \right]}$$

$$= 1.464$$

sehingga,

$$\tan \beta = 1.464 \times (0.221 \times 5)$$

$$= 1.615$$

$$\beta = \tan^{-1} (1.615)$$

$$= 58.24^\circ$$

6. Reduction factor (x).

Nilai x didapat dari grafik (lihat lampiran) dan fungsi dari besaran $X(1 - r/R)$.

dimana :

$$x = \frac{Z \cdot (1 + b_o^2)^{1/2}}{2 \cdot b_o} \quad ; Z = \text{jumlah daun}$$

$$= \frac{2 \times (1 + 0.221^2)^{1/2}}{2 \times 0.221}$$

$$= 4.634$$

$$X(1 - r/R) = 4.634 \times (1 - 0.2)$$

$$= 3.707$$

————→ dari grafik didapat harga $x = 9.28$

7. Lift coefficient - blade element length ratio ($\zeta_{a.1}$)

$$\begin{aligned}
 (\zeta_{a.1}) &= \frac{\cos \beta}{1 + \lambda \cdot b_o \cdot x^2} \\
 &= \frac{\cos 58.24}{1 + (0.146 \times 0.221 \times 5^2)} \\
 &= 0.276
 \end{aligned}$$

*> Akibat pengaruh penurunan tekanan karena centrifugal effect maka harga di atas harus dikoreksi.

$$\zeta_{a.1} = f \cdot (x \cdot x) \cdot (\zeta_{a.1})$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot (b_o - \lambda) \cdot b_o}{Z} \\
 &= \frac{4 \times 3.14 \times 3.45 \times (0.221 - 0.146) \times 0.221}{4} \\
 &= 0.179
 \end{aligned}$$

sehingga,

$$\begin{aligned}
 \zeta_{a.1} &= 0.179 \times (9.28 \times 5) \times 0.276 \\
 &= 0.247
 \end{aligned}$$

8. Menentukan kecepatan elemen daun

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{1 - x(b_o - \lambda) \sin \beta \cdot \cos \beta}{\cos \beta} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r \\
 &= \frac{1 - 5(0.221 - 0.146) \sin 58.24 \times \cos 58.24}{\cos 58.24} \times 2 \times 3.14 \times 2.73 \times 0.69
 \end{aligned}$$

$$= 18.714 \text{ m/det}$$

9. Sirkulasi di sekitar daun baling - baling

$$\begin{aligned}\Gamma &= \frac{\zeta_{a.l} \cdot V}{2} \\ &= \frac{0.247 \times 18.714}{2} \\ &= 2.31 \text{ m/det}\end{aligned}$$

10. Lifting force

$$\begin{aligned}dA &= \rho \cdot V \cdot \Gamma \cdot dr \\ &= 100 \times 18.714 \times 2.31 \times (0.2 \times 3.45) \\ &= 2982.82 \text{ kg}\end{aligned}$$

11. Distribusi thrust

$$dS = dA (\cos \beta - \varepsilon_i \sin \beta)$$

dimana :

ε_i = koefisien, yang dapat dilihat dari grafik
(pada lampiran) = 0.062

$$\begin{aligned}dS &= 2982.82 \times (\cos 58.24 - 0.062 \times \sin 58.24) \\ &= 1412.8 \text{ kg}\end{aligned}$$

12. Distribusi gaya tangensial

$$dT = dA (\sin \beta + \varepsilon_i \cos \beta)$$

dimana :

ϵ_i = koefisien, yang dapat dilihat dari grafik
(pada lampiran) = 0.062

$$\begin{aligned} dT &= 2982.82 \times (\sin 58.24 + 0.062 \times \cos 58.24) \\ &= 2633.52 \text{ kg} \end{aligned}$$

13. Efisiensi elemen daun

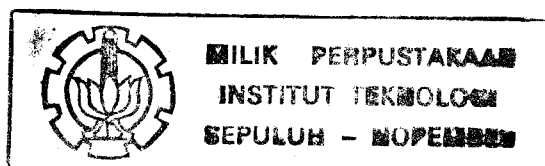
*> Efisiensi elemen daun yang ditimbulkan karena penurunan tekanan akibat gaya centrifugal tanpa gesekan

$$\begin{aligned} d\eta_p' &= \left(\frac{dS_o}{dT_o} \right) \cdot \lambda \cdot x \\ &= \left(\frac{dA \cdot \cos \beta}{dA \cdot \sin \beta} \right) \times 0.146 \times 5 \\ &= 0.619 \times 0.146 \times 5 \\ &= 0.452 \end{aligned}$$

*> Efisiensi elemen daun akibat gesekan dan penurunan tekanan akibat gaya centrifugal.

$$\begin{aligned} d\eta_p'' &= \left(\frac{dS}{dT} \right) \cdot \lambda \cdot x \\ &= \left(\frac{1412.8}{2633.52} \right) \times 0.146 \times 5 \\ &= 0.418 \end{aligned}$$

Untuk harga - harga wake fraction yang lain dikerjakan



dengan cara yang analog, dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran - 2.

4.3 ANALISA PERHITUNGAN

Untuk mempermudah analisa berikutnya ditetapkan nilai ψ untuk range harga prosentase penyimpangan tertentu dari -30% sampai +30% sebagai berikut :

Besar Penyimpangan (%)	$\Delta \psi$	ψ
- 30	- 0,0915	0,2135
- 25	- 0,0763	0,2287
- 20	- 0,0610	0,2440
- 15	- 0,0457	0,2593
- 10	- 0,0305	0,2745
- 5	- 0,0153	0,2898
0	0	0,3050
+ 5	0,0152	0,3023
+ 10	0,0305	0,3355
+ 15	0,0457	0,3507
+ 20	0,0610	0,3660
+ 25	0,0762	0,3813
+ 30	0,0915	0,3965

Pemilihan harga tertinggi penyimpangan, yaitu $\pm 30\%$ di dasarkan pada pertimbangan agar nilai ψ yang diperoleh masih tetap dalam range penelitian.

Dengan mengetahui nilai ψ tiap-tiap penyimpangan, maka

dapat diketahui berapa prosen pengaruhnya masing-masing terhadap diameter D maupun efisiensi η_p .

Penyimpangan ψ	ΔD (%)	$\Delta \eta_p$ (%)
0,2135	-0,3252	8,527
0,2287	-0,2709	6,818
0,2440	-0,2168	4,655
0,2593	-0,1626	4,018
0,2745	-0,1084	3,109
0,2898	-0,0542	2,073
0,3050	0	0
0,3023	0,0542	-0,381
0,3355	0,1084	-1,800
0,3507	0,1626	-2,718
0,3660	0,2168	-4,581
0,3813	0,2709	-7,727
0,3965	0,3252	-8,981

Variasi harga ψ dengan menambah atau mengurangnya sebesar 30% akan menyebabkan penambahan atau pengurangan D hanya sekitar 3%, yaitu :

$$= 3\% \times (3450/2)$$

$$\approx 50 \text{ mm}$$

Ini berarti suatu perubahan yang sedikit, apalagi untuk penyimpangan harga ψ yang jauh lebih kecil, dapat dikatakan tidak ada perubahan diameter yang berarti.

Dengan menganggap tidak ada faktor-faktor pengikat

dalam perencanaan sebuah propeller, misalnya pembatasan diameter propeller sehubungan dengan sarat kapal, maka variasi ψ kurang berpengaruh terhadap diameter propeller.

Perubahan efisiensi propeller sebagai akibat penyimpangan angka ψ yaitu efisiensi akan meningkat dengan berkurangnya harga ψ dan efisiensi menurun bila angka ψ semakin besar. Perbedaan terletak pada jumlah persentasenya, yaitu efisiensi propeller akan berubah hampir 3% untuk penyimpangan ψ sebesar 10%, sedangkan perubahan ψ sebesar 30% menyebabkan peningkatan atau penurunan sekitar 8%.

Dengan mengabaikan resiko-resiko lainnya, seperti terjadinya kavitasi dan getaran, penurunan efisiensi propeller (η_p) jelas tidak diinginkan.

Dari lampiran - 2, didapatkan harga thrust rata - rata untuk masing - masing harga ψ , yaitu :

ψ	S (kg)
0.200	22250
0.225	22206
0.250	22164
0.275	22108
0.300	22075
0.325	22013
0.350	21886
0.375	21534
0.400	21262

Akibat penyimpangan angka ψ tidak membuat perubahan yang berarti terhadap thrust yang dihasilkan daun propeller. Perubahan thrust yang terjadi sekitar 0.5%.

Untuk blade element ratio $F_a/F = 0.47$, pengaruh gesekan pada efisiensi propeller cukup berpengaruh sekitar 14% dan pengaruh penurunan tekanan akibat centrifugal effect akan mengurangi efisiensi propeller sekitar 4%.

Karena daun propeller menggunakan penampang circular-back dan bentuk aerofoil, efisiensi propeller turun sekitar 2% sampai 3%.

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan pada karya tulis ini, maka dapat disimpulkan bahwa dengan perubahan harga wake fraction akan mempengaruhi :

1. Tidak mempengaruhi diameter propeller. Perubahan yang terjadi sekitar 3% untuk range perubahan γ sebesar 30%.
2. Thrust yang dihasilkan oleh propeller tidak akan berpengaruh jika terjadi kesalahan dalam pengambilan harga wake-fraction untuk perencanaan propeller.
3. Perubahan harga wake-fraction dan bentuk penampang dari propeller cukup berpengaruh terhadap efisiensi propeller sekitar 8% sampai 14%.

5.2 SARAN - SARAN

Dalam pembahasan serta analisa karya tulis ini tidak memasukkan kemungkinan - kemungkinan timbulnya kavitasi pada propeller serta mengabaikan karakteristik kerja propeller sebagai pembangkit getaran akibat perubahan harga wake-fraction tersebut.

Karena itu untuk memperoleh hasil yang lebih sempurna dibutuhkan penyelidikan yang lebih mendalam dengan fasilitas yang memadai.

BAB VI

P E N U T U P

Dengan tanpa mengabaikan karunia-Nya, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Kami telah berusaha menyajikan yang terbaik, dengan usaha yang maksimal, namun sebagai manusia biasa yang tak luput dari keterbatasan, kami menyadari sepenuhnya jika terdapat kekurangan-kekurangan yang masih perlu disempurnakan. Karena itu saran dan kritik yang positif sangat kami harapkan.

Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 1993

Penulis

DAFTAR PUSTAKA

1. Hannan, IE, " Strategy of Propeller Design ", Thomas Reed Publication Ltd, London 1971.
2. Ressel, Henry E, Champan, Lawrence B, editors, " Principles of Naval Architecture ", the Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1962, Vol II.
3. O'Brien , FP, " The Design of Marine Screw Propellers ", Hutchinson & Co. London 1969.
4. Muckle, M., " Naval Architecture for Marine Engineers ", Butherworth & Co., Texas 1969.
5. Lammeren, V, Dr. Ir, " Resistance, Propulsion and Steering of Ships ", The Technical Publishing Co. Haarlem, 1948.
6. Sastrodiwongso, Teguh, MSE, "Diktat Teori Propulsi Kapal", Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya, 1976.
7. Baxter, B. , Msc., "Naval Architecture, Examples and Theory ", Griffin, London.
8. Taggart, R., "MARine Propulsion, Principles and Evolution", Gulf Publishing Co., Texas 1969.
9. Todd, FH. , "Resistance and Propulsion".
10. Harvald, SV.AA, " Resistance and Propulsion of Ships ".

Perhitungan karakteristik kerja propeller dengan diagram Bp-d, untuk $Fa/F = 0.40$

		Sa- tuan	Wake Fraction								
			0.200	0.225	0.250	0.275	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400
Advance speed	Va	knot	9.600	9.300	9.000	8.700	8.400	8.100	7.800	7.500	7.200
Putaran	n'	rpm	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080
Daya	Pd'	hp	1811.746	1811.746	1811.746	1812.746	1811.746	1813.746	1811.746	1814.746	1811.746
Power-absorption fact	Bp		23.713	25.672	27.865	30.338	33.111	36.282	39.850	43.992	48.678
Delta model	dm		193.000	202.000	212.000	220.000	229.000	238.000	251.000	264.000	276.000
Delta koreksi	dk		183.350	191.900	201.400	209.000	217.550	226.100	238.450	250.800	262.200
Diameter	d	mm	3372.497	3419.458	3472.973	3483.894	3501.368	3509.013	3563.619	3604.028	3617.134
Effisiensi	e		0.633	0.622	0.609	0.598	0.585	0.573	0.558	0.545	0.525
Penyimpangan diameter			0.978	0.991	1.007	1.010	1.015	1.017	1.033	1.045	1.048
Penyimpangan efisiensi			1.151	1.131	1.107	1.087	1.064	1.042	1.015	0.991	0.955

DIAGRAM PROPELLER DENGAN $Fa/F = 40$

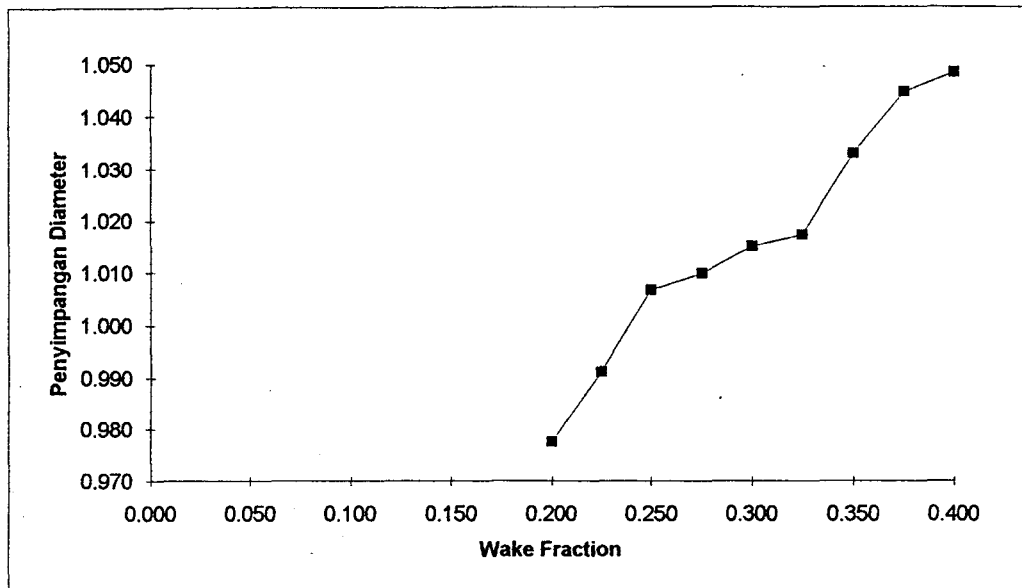


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Diameter

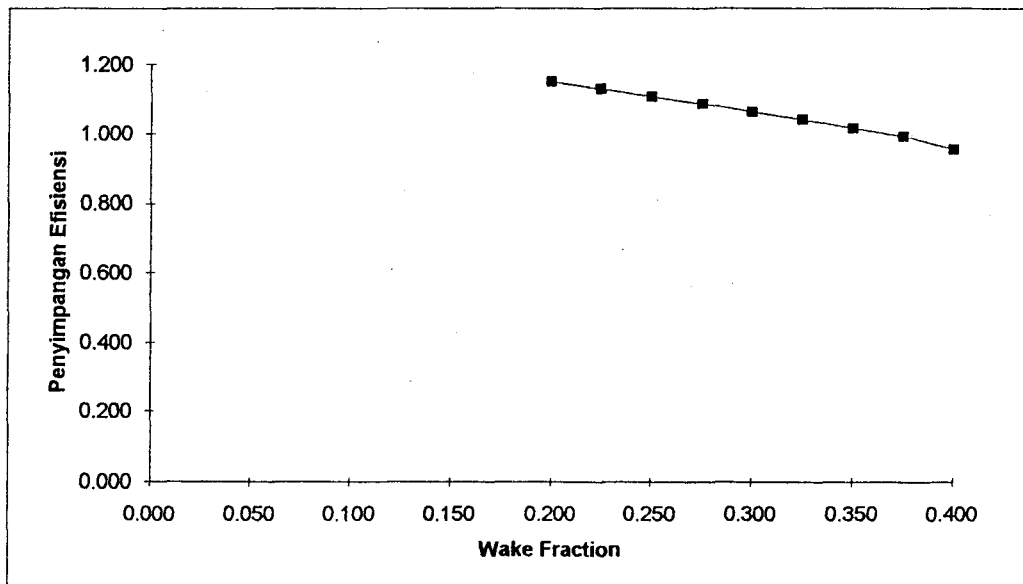


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Efisiensi

Perhitungan karakteristik kerja propeller dengan diagram Bp-d, untuk $Fa/F = 0.55$

		Sa- tuan	Wake fraction								
			0.200	0.225	0.250	0.275	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400
Advance speed	Va	knot	9.600	9.300	9.000	8.700	8.400	8.100	7.800	7.500	7.200
Putaran	n'	rpm	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080
Daya	Pd'	hp	1811.746	1811.746	1811.746	1812.746	1811.746	1813.746	1811.746	1814.746	1811.746
Power-absorption factor	Bp		23.713	25.672	27.865	30.338	33.111	36.282	39.850	43.992	48.678
Delta model	dm		187.000	196.000	204.000	214.000	224.000	232.500	245.000	258.000	272.000
Delta koreksi	dk		177.650	186.200	193.800	203.300	212.800	220.875	232.750	245.100	258.400
Diameter	d	mm	3267.652	3317.890	3341.917	3388.879	3424.919	3427.922	3478.433	3522.118	3564.711
Effisiensi	e		0.598	0.585	0.574	0.562	0.548	0.538	0.525	0.511	0.498
Penyimpangan diameter			0.947	0.962	0.969	0.982	0.993	0.994	1.008	1.021	1.033
Penyimpangan effisiensi			1.087	1.064	1.044	1.022	0.996	0.978	0.955	0.929	0.905

DIAGRAM PROPELLER DENGAN $F_a/F = 0.55$

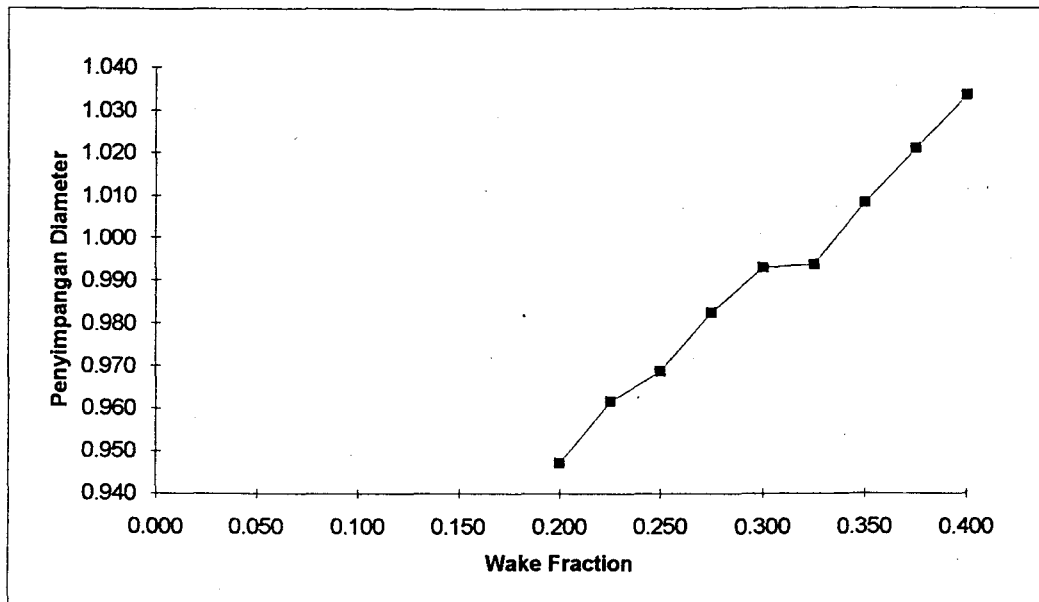


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Diameter

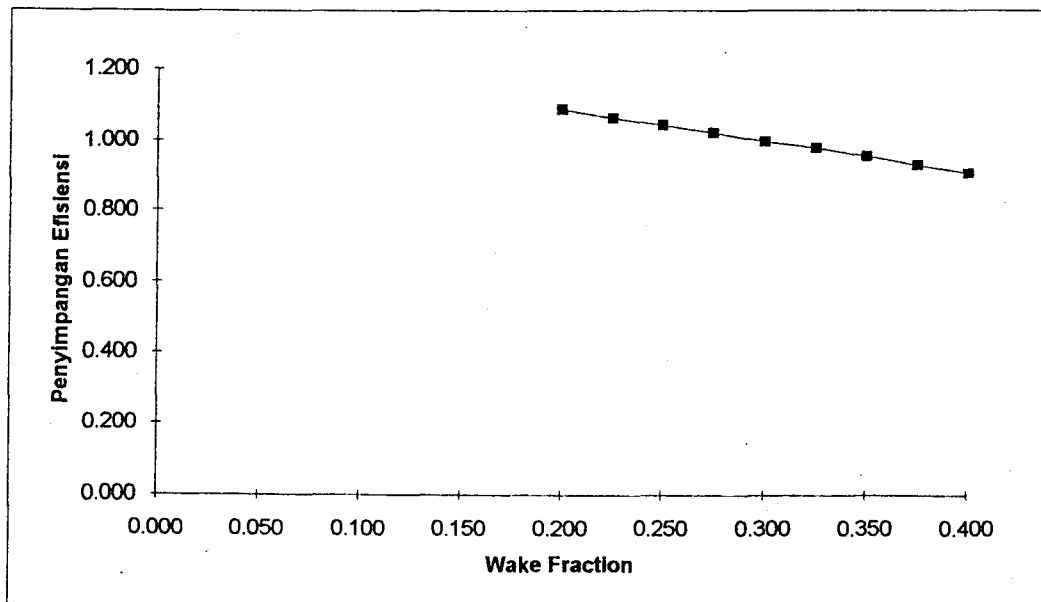


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Efisiensi

Perhitungan karakteristik kerja propeller dengan diagram Bp-d, untuk $Fa/F = 0.47$

	Sa- tuan	Wake fraction								
		0.200	0.225	0.250	0.275	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400
Advance speed	Va	knot	9.600	9.300	9.000	8.700	8.400	8.100	7.800	7.200
Putaran	n'	rpm	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080	159.080
Daya	Pd'	hp	1811.746	1811.746	1811.746	1812.746	1811.746	1813.746	1811.746	1811.746
Power-absorption factor	Bp		23.713	25.672	27.865	30.338	33.111	36.282	39.850	48.678
Delta model	dm		190.200	199.200	208.300	217.200	226.700	235.400	248.200	274.100
Delta koreksi	dk		186.396	195.216	204.134	212.856	222.166	230.692	243.236	268.618
diameter	d	mm	3428.524	3478.546	3520.118	3548.171	3575.660	3580.280	3635.146	3705.672
effisiensi	e		0.617	0.605	0.593	0.581	0.568	0.557	0.543	0.512
Penyimpangan diameter			0.994	1.008	1.020	1.028	1.036	1.038	1.054	1.074
Penyimpangan efisiensi			1.122	1.100	1.078	1.056	1.033	1.013	0.987	0.931

DIAGRAM PROPELLER DENGAN $Fa/F = 0.47$

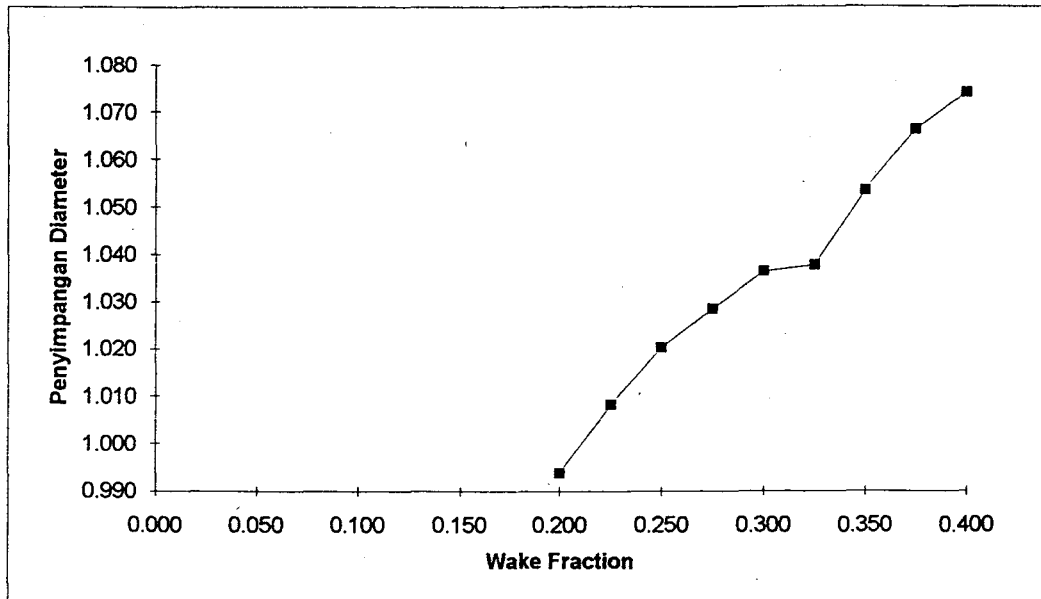


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Diameter

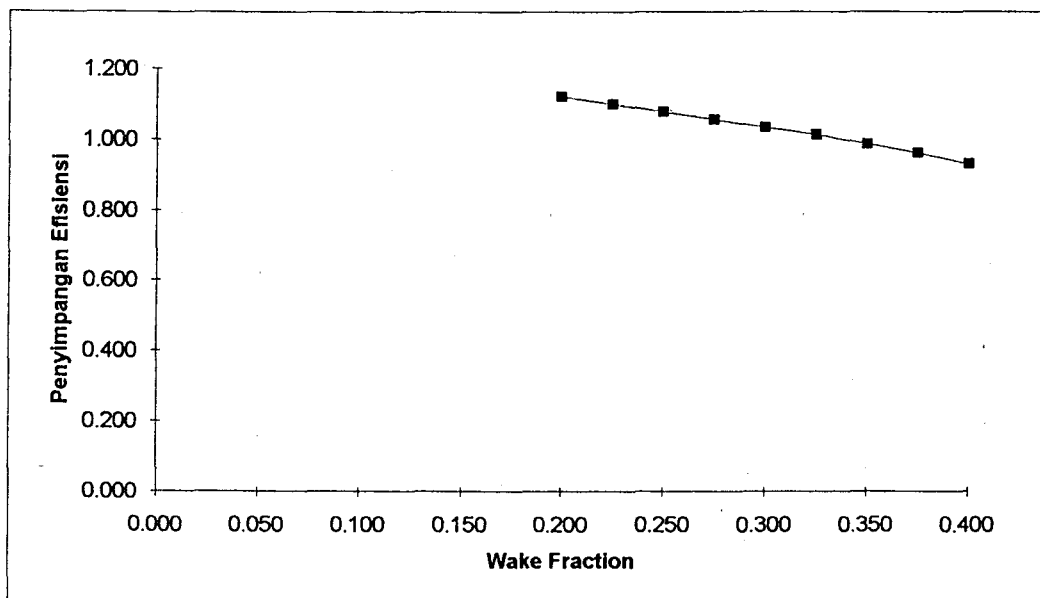


Diagram Wake Fraction - Penyimpangan Efisiensi

Wake Fraction 0.200

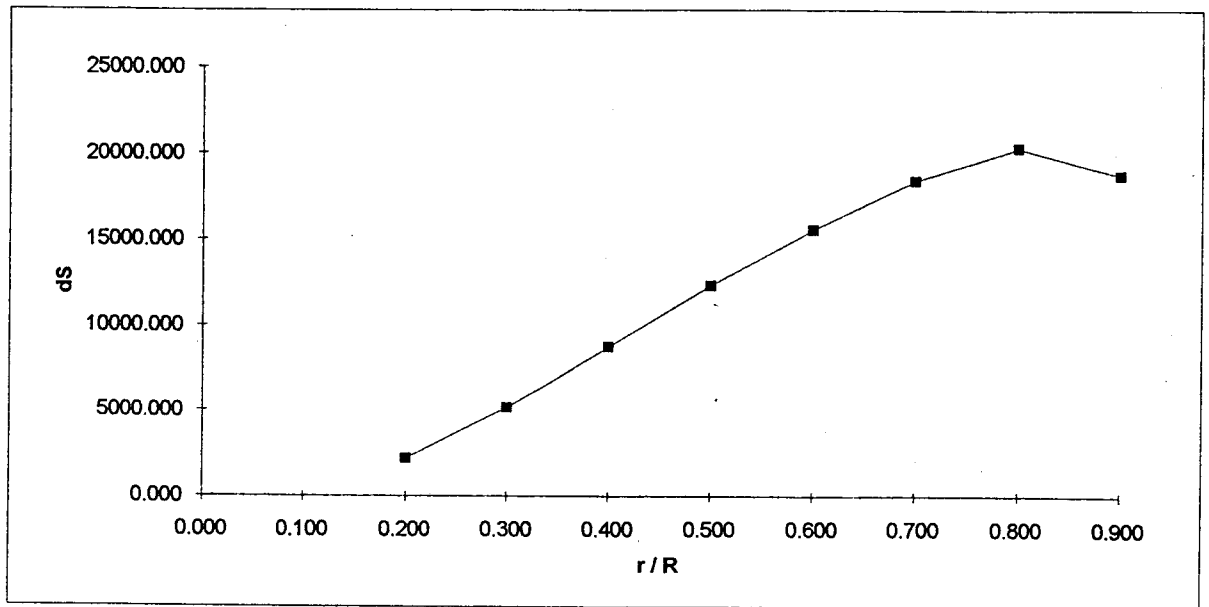


Diagram $r/R - dS$

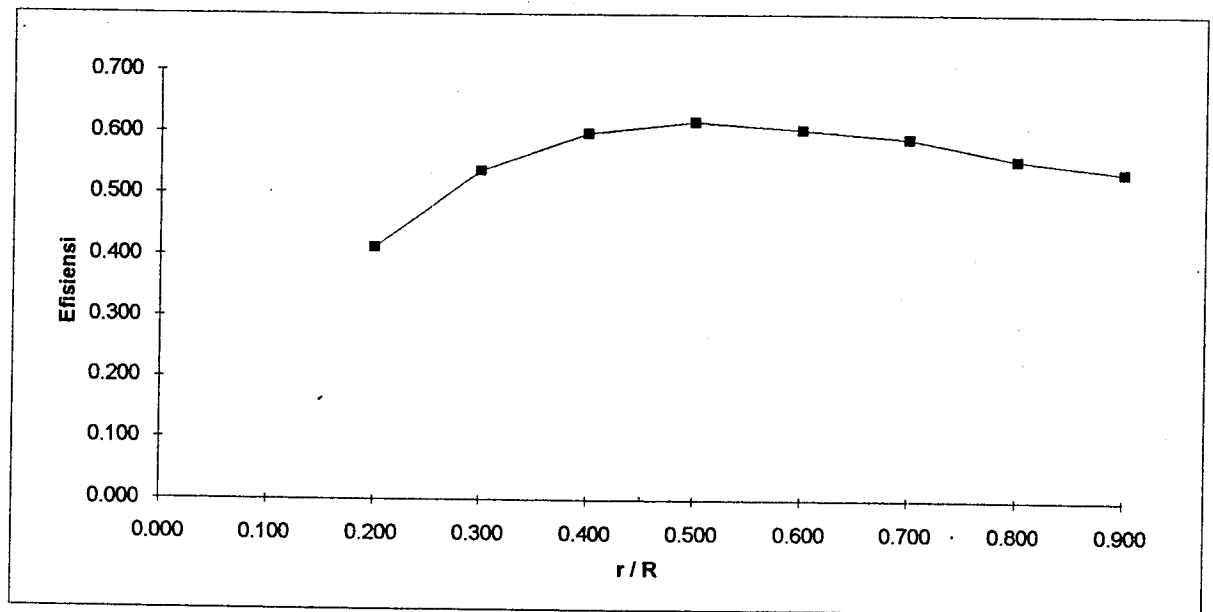
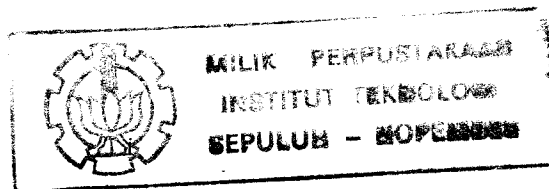


Diagram $r/R - Efisiensi$



Wake Fraction 0.225

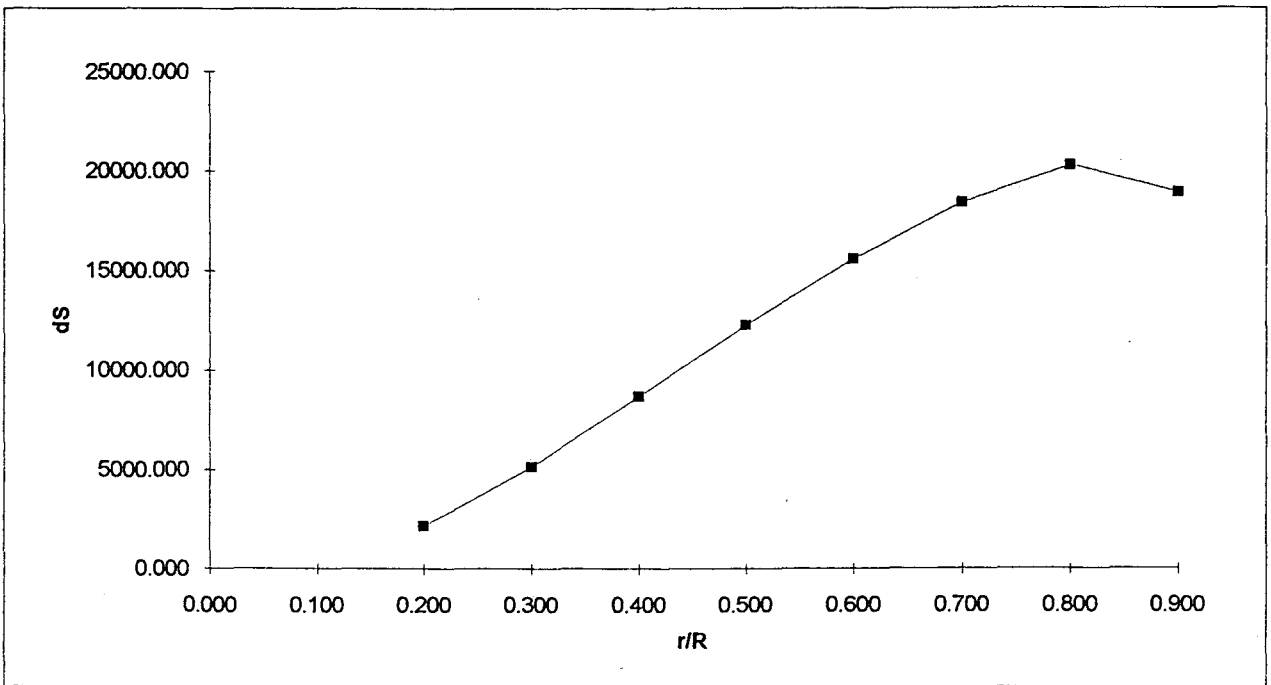


Diagram $r/R - dS$

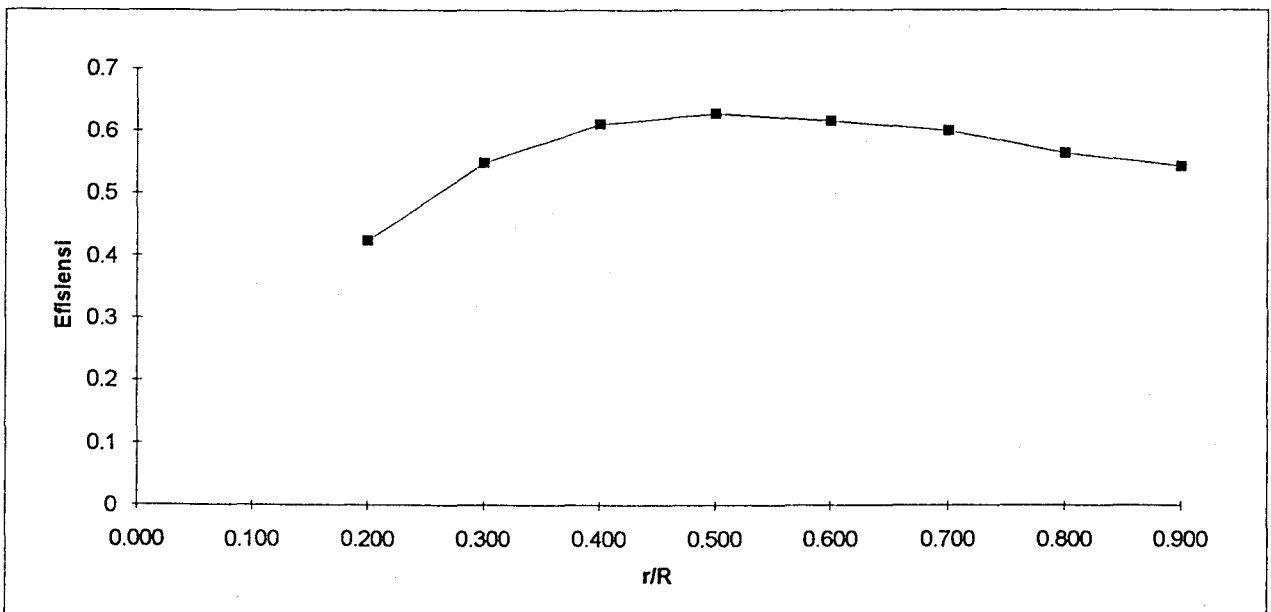


Diagram $r/R - \text{Efisiensi}$

Wake fraction 0.250

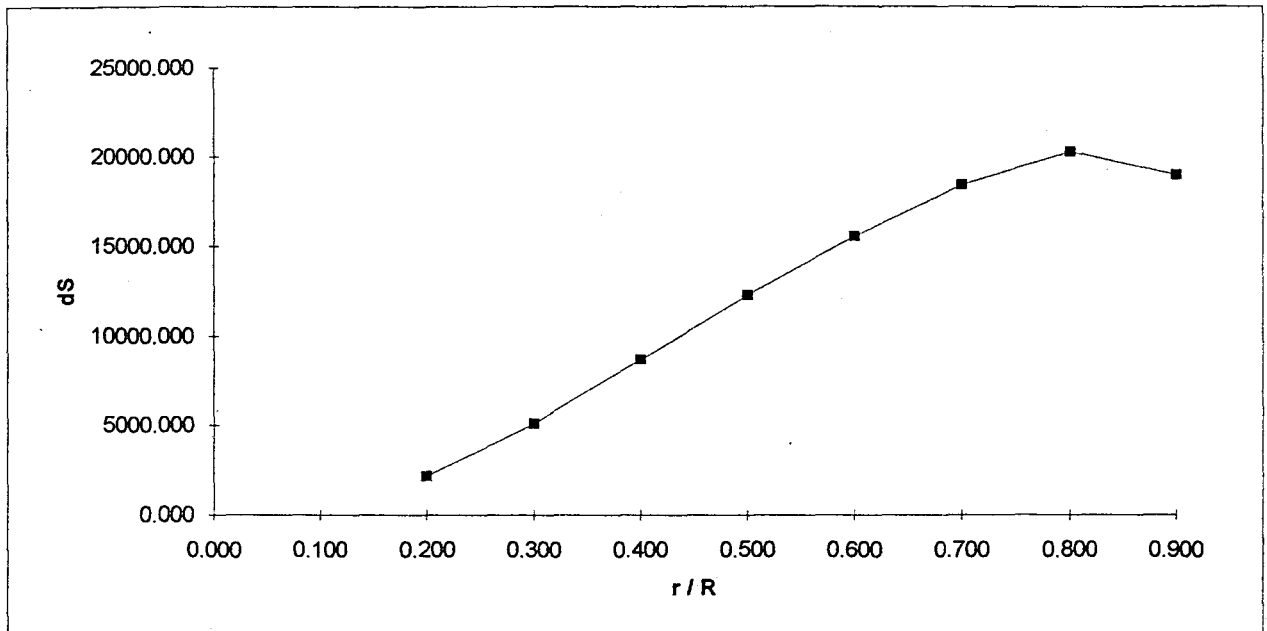


Diagram r/R - dS

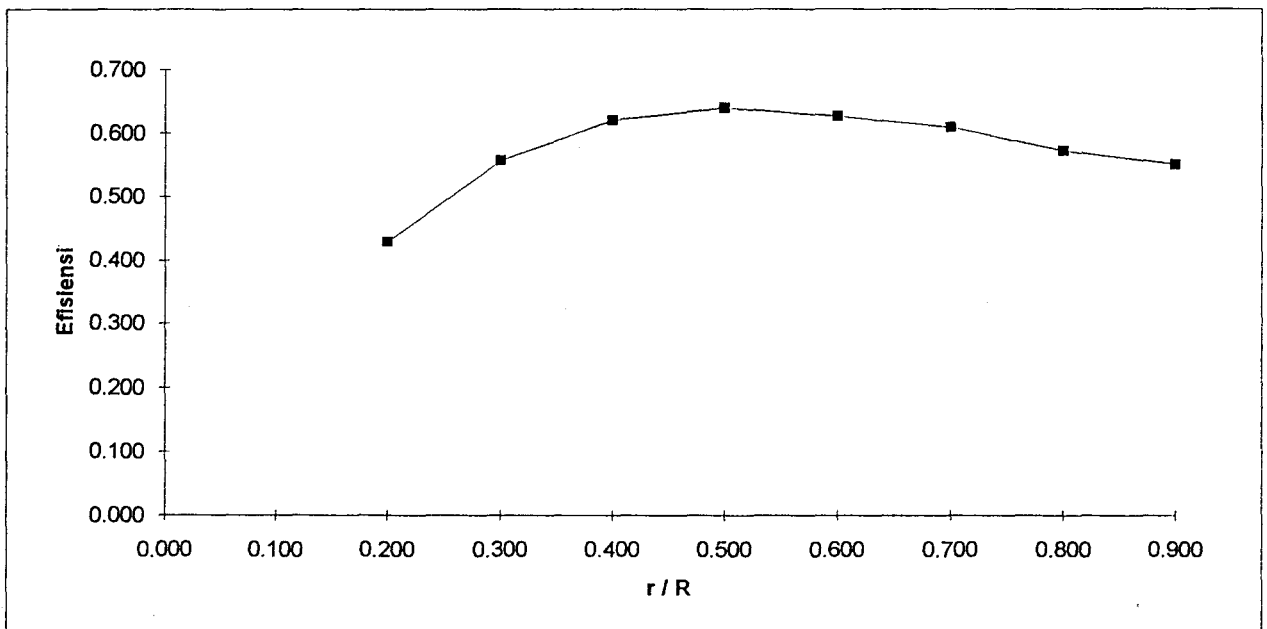


Diagram r/R - Efisiensi

Wake Fraction 0.275

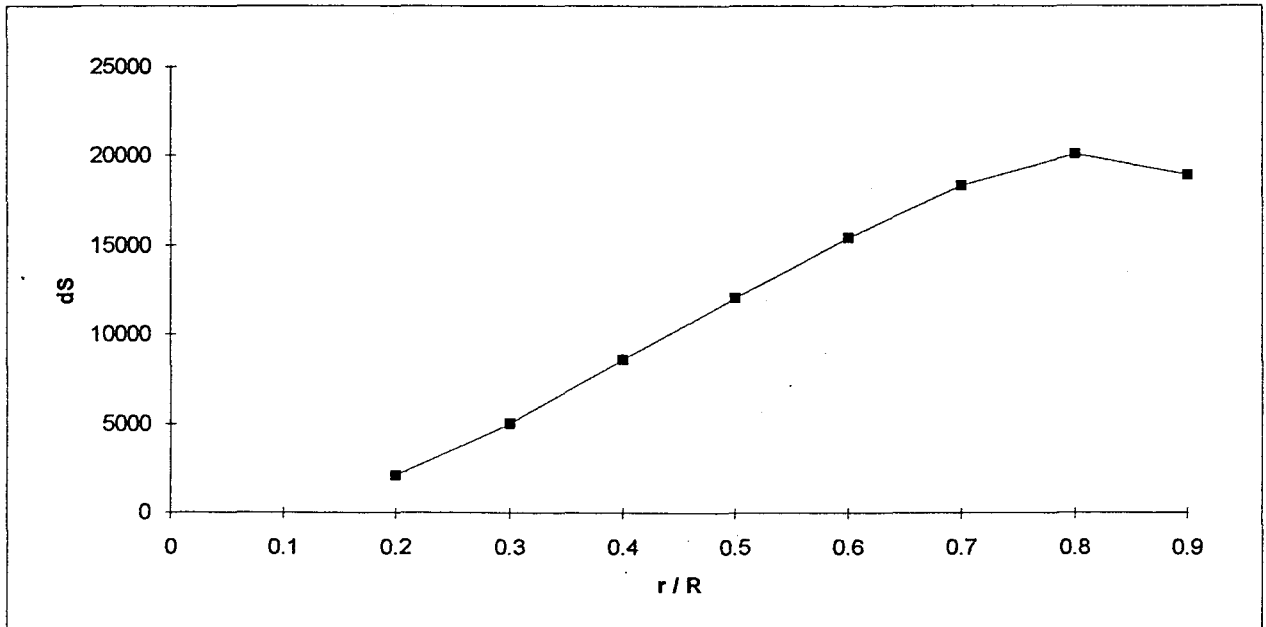


Diagram $r/R - dS$

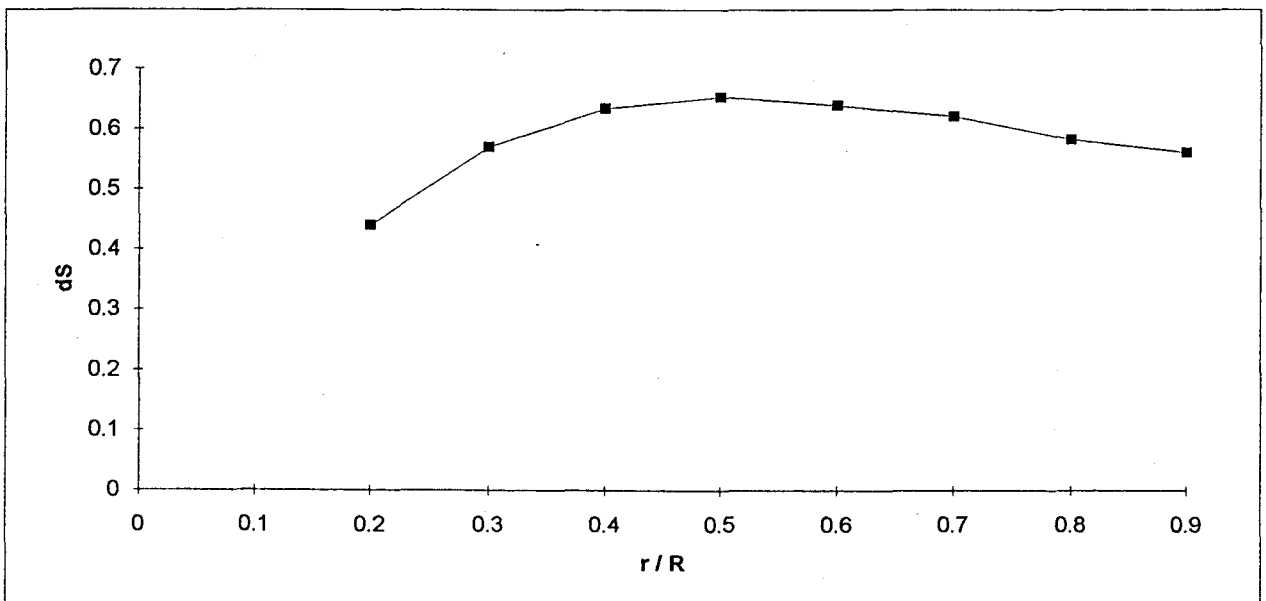


Diagram $r/R - \text{Efisiensi}$

Wake Fraction 0.300

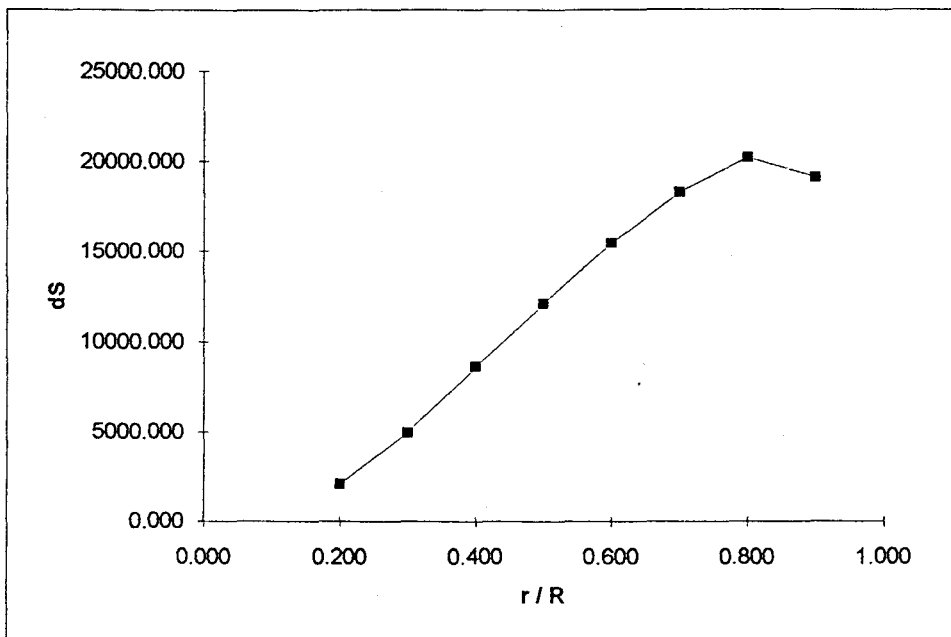


Diagram $r/R - dS$

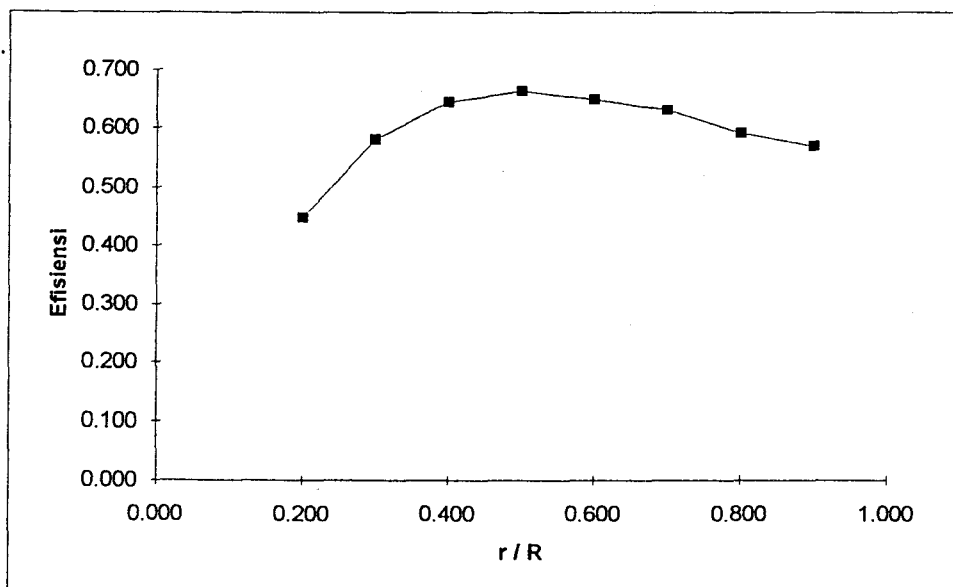


Diagram $r/R - Efisiensi$

Wake Fraction 0.325

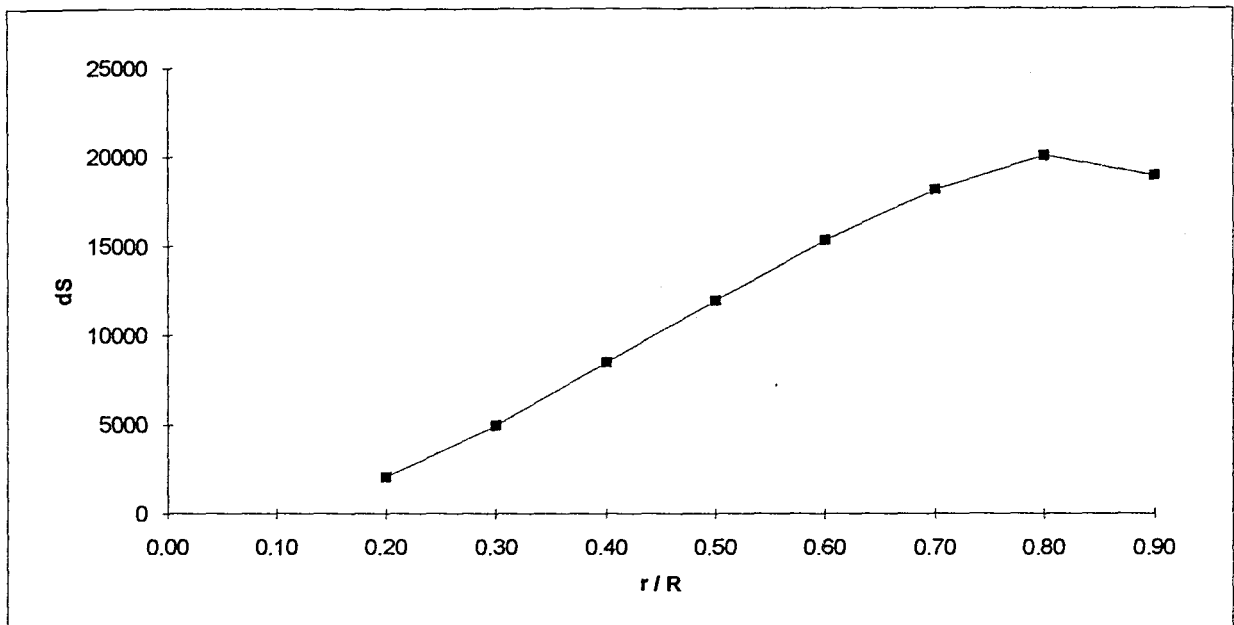


Diagram $r/R - dS$

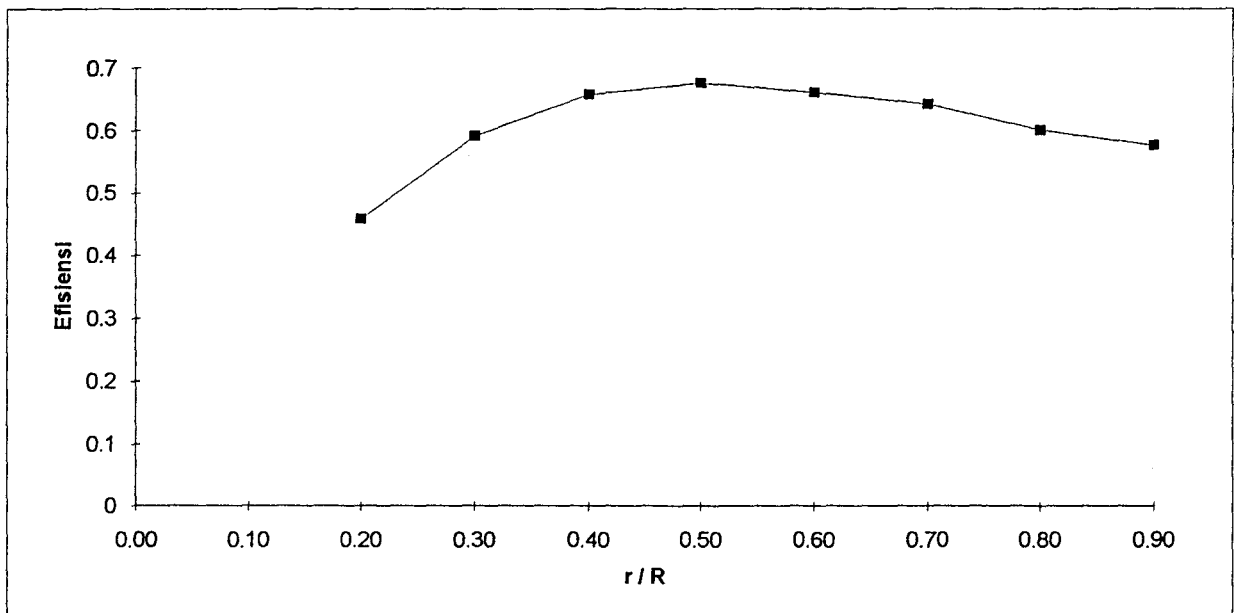


Diagram $r/R - Efisiensi$

Wake Fraction 0.350

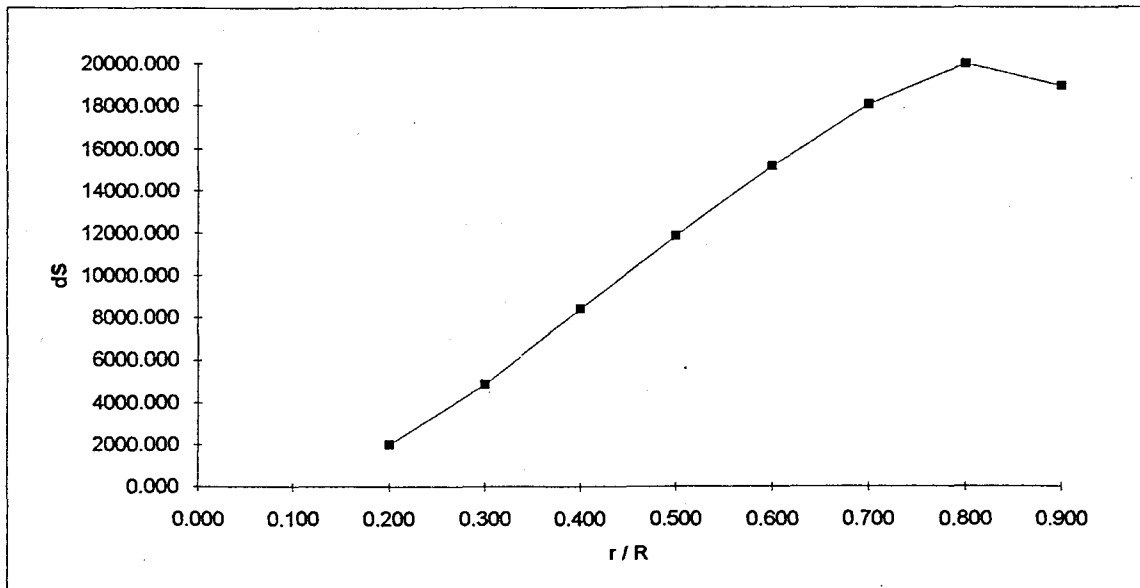


Diagram $r/R - dS$

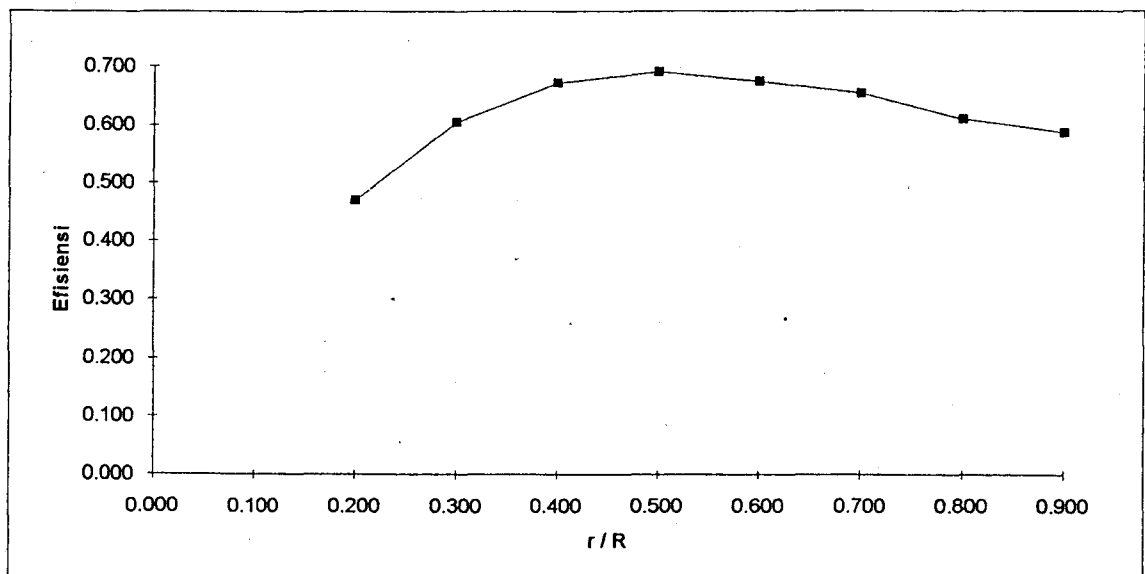


Diagram $r/R - Efisiensi$

Wake Fraction 0.375

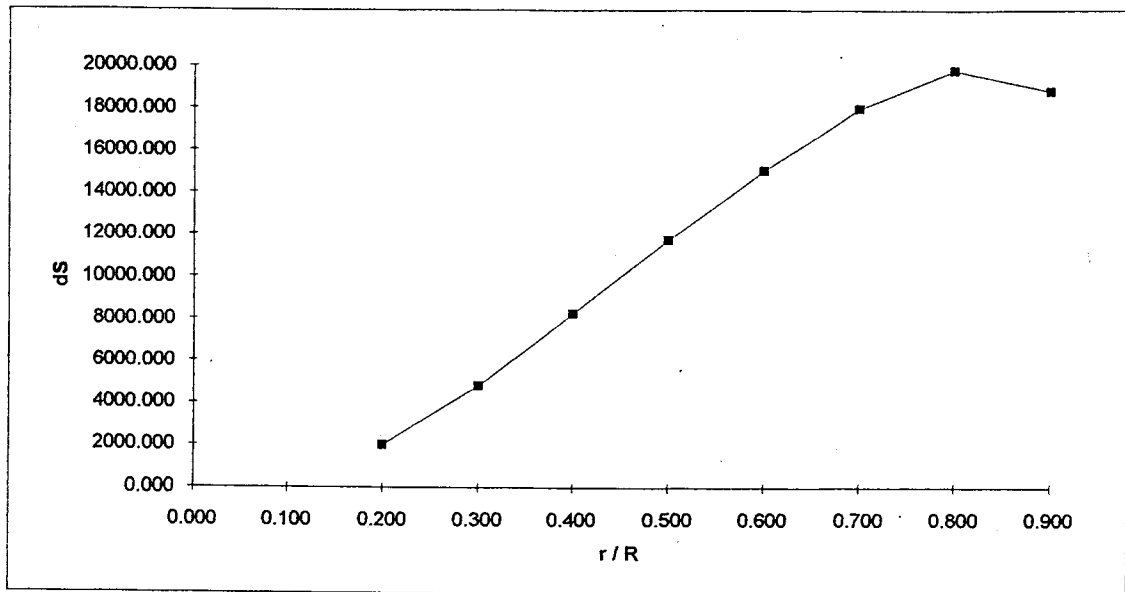


Diagram $r/R - dS$

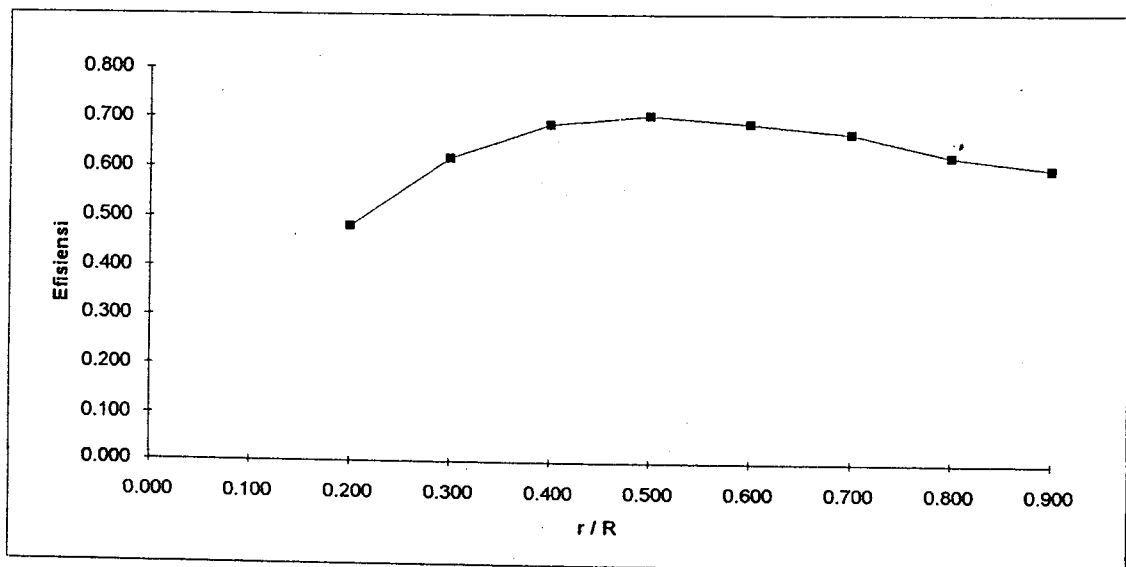


Diagram $r/R - Efisiensi$

Wake Fraction 0.400

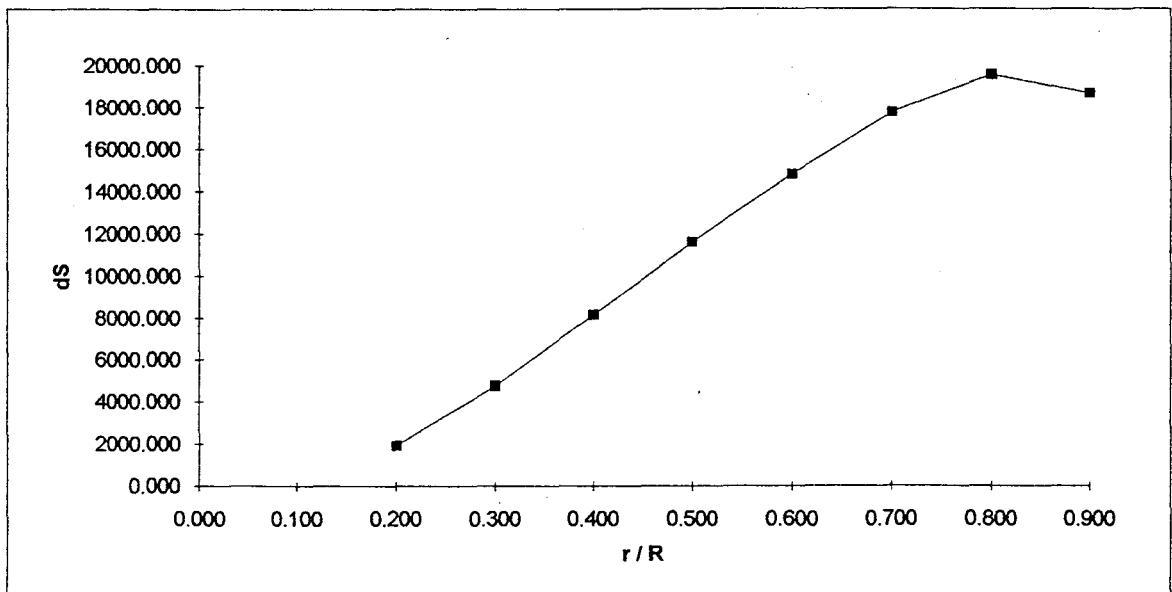


Diagram r/R - dS

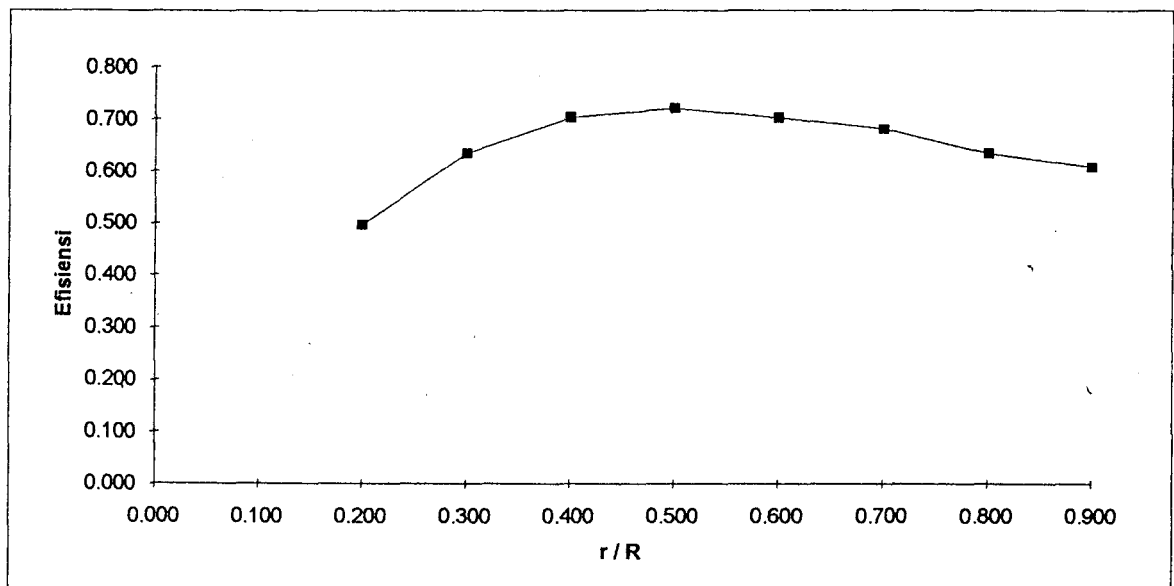
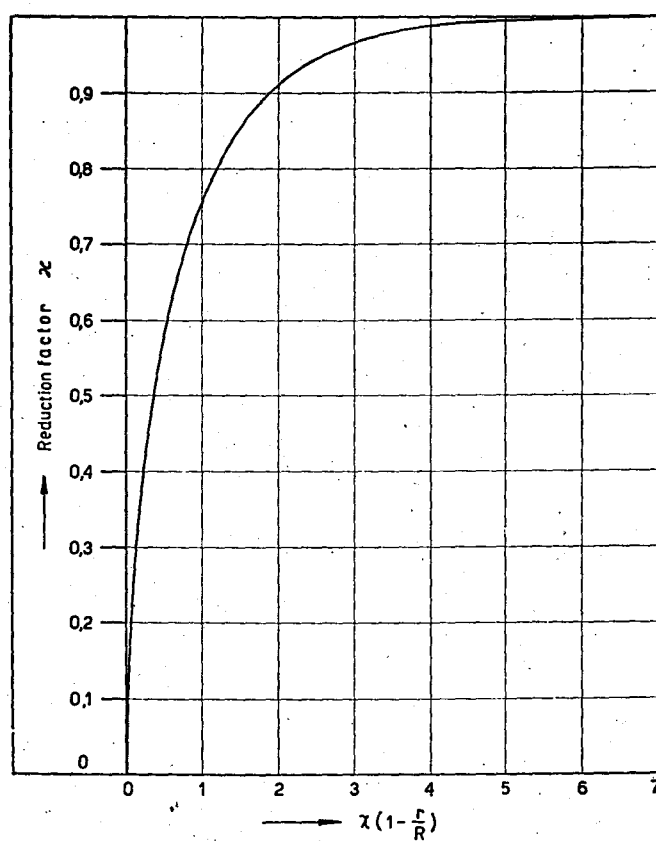


Diagram r/R - Efisiensi

Fig. 85. Reduction factor α , according to Prandtl



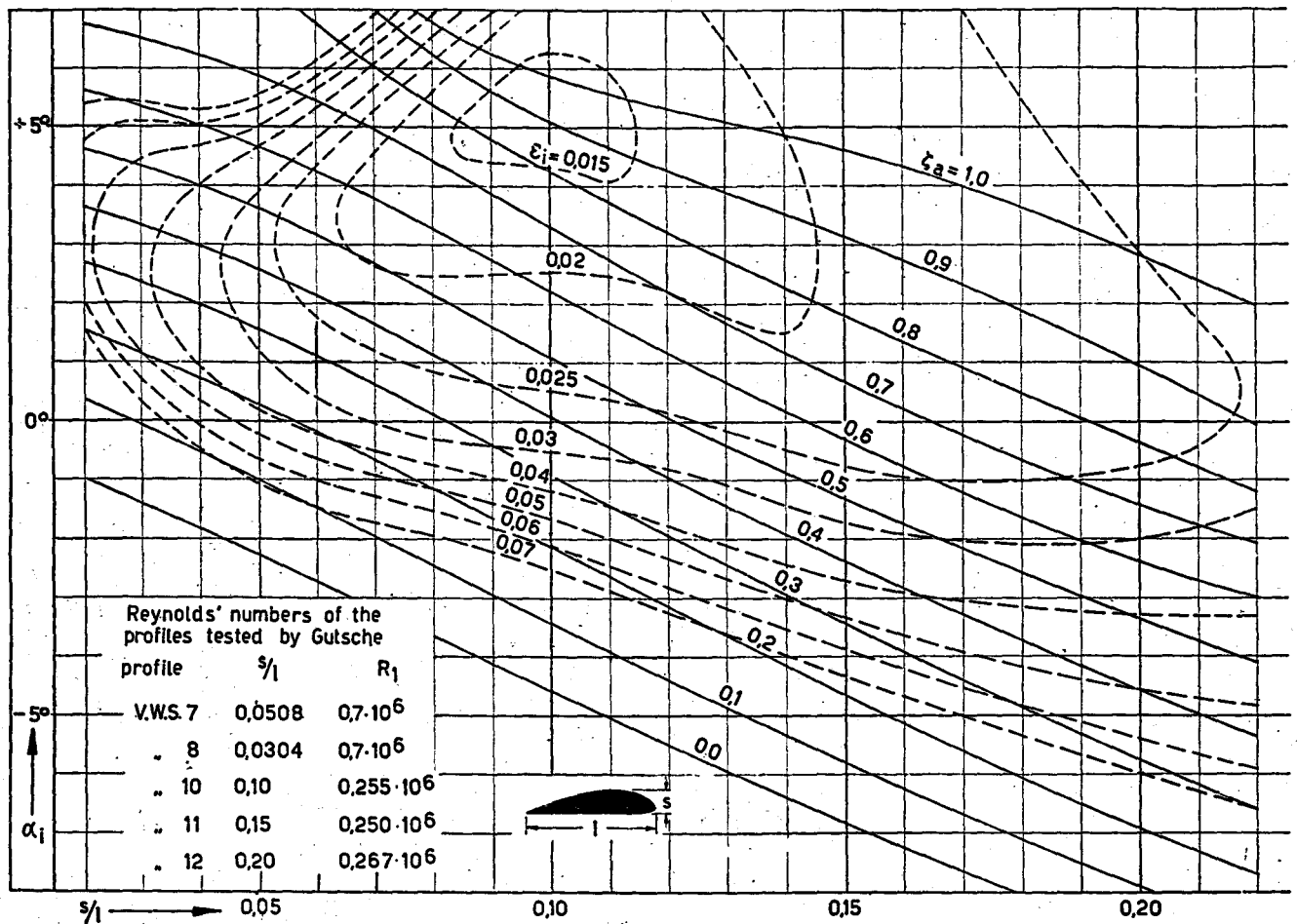


Fig. 159 Relation between ζ_a , ε_i , s/l and α_i for the aerofoil sections V.W.S. 7—12.



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

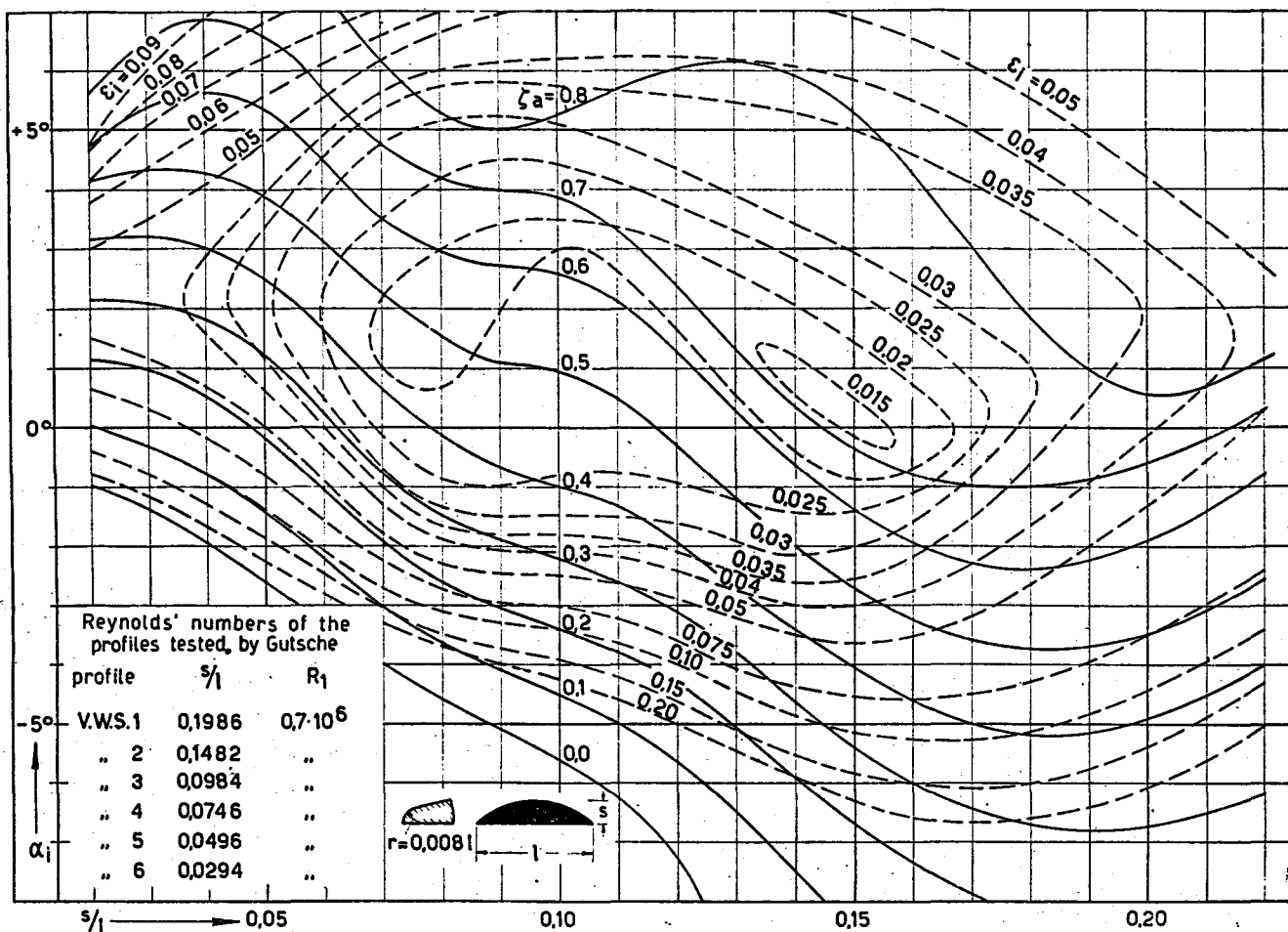


Fig. 160. Relation between ζ_a , α_i , s/l and α_i for the circular-back sections V.W.S. 1-6

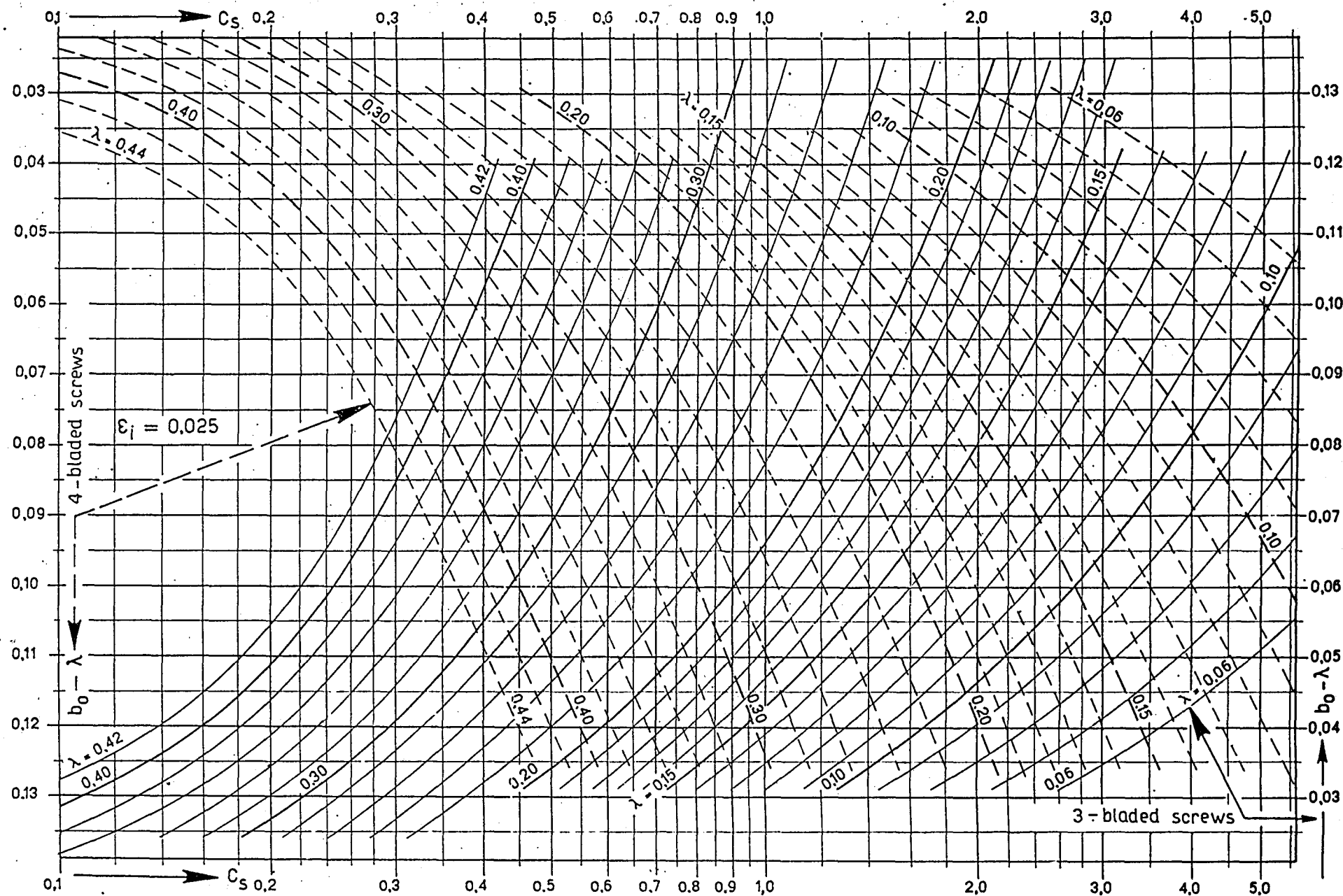


Fig. 158. Relation between thrust constant C_s , speed constant λ and tangent of the hydrodynamic pitch angle, b_0 .

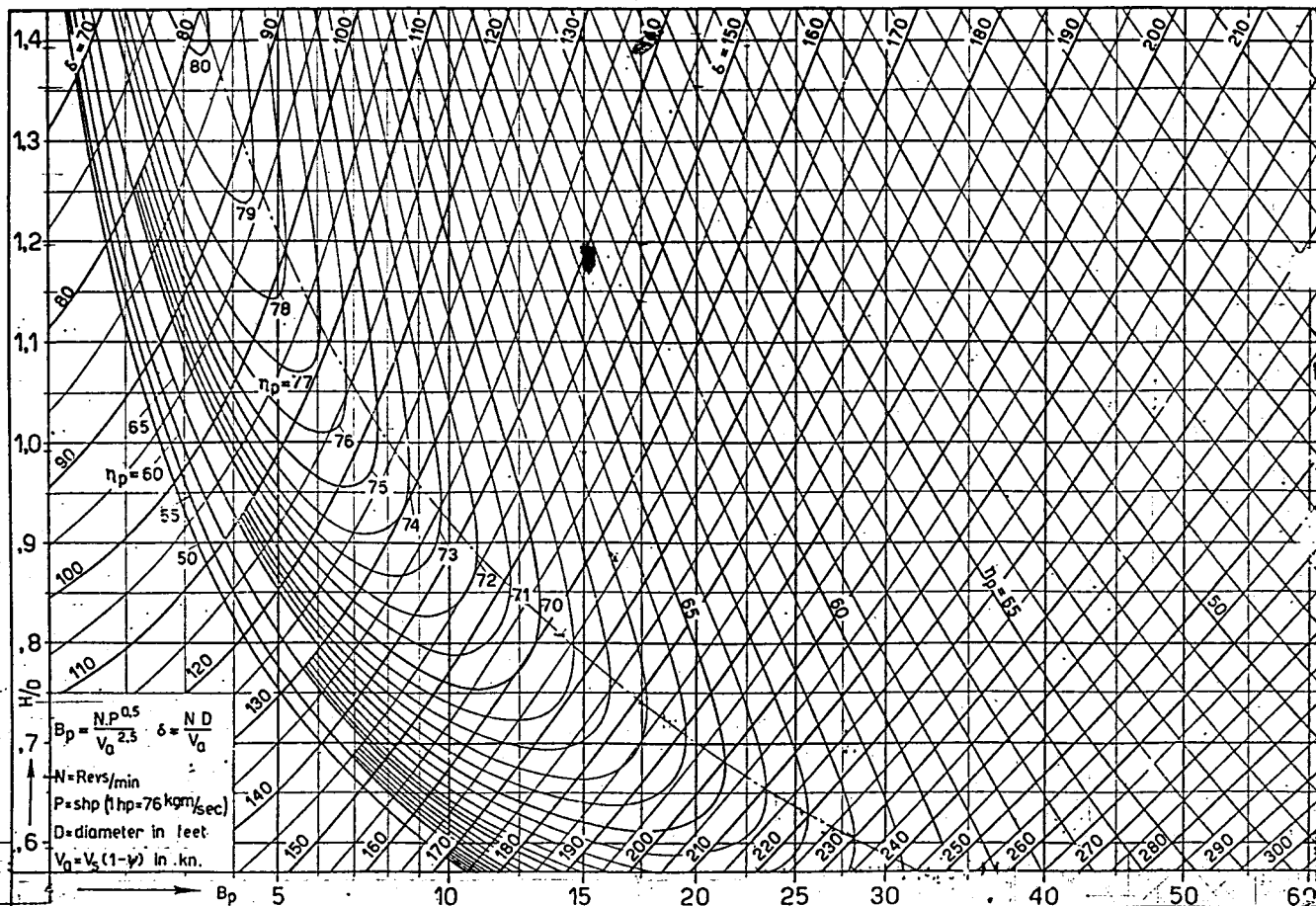
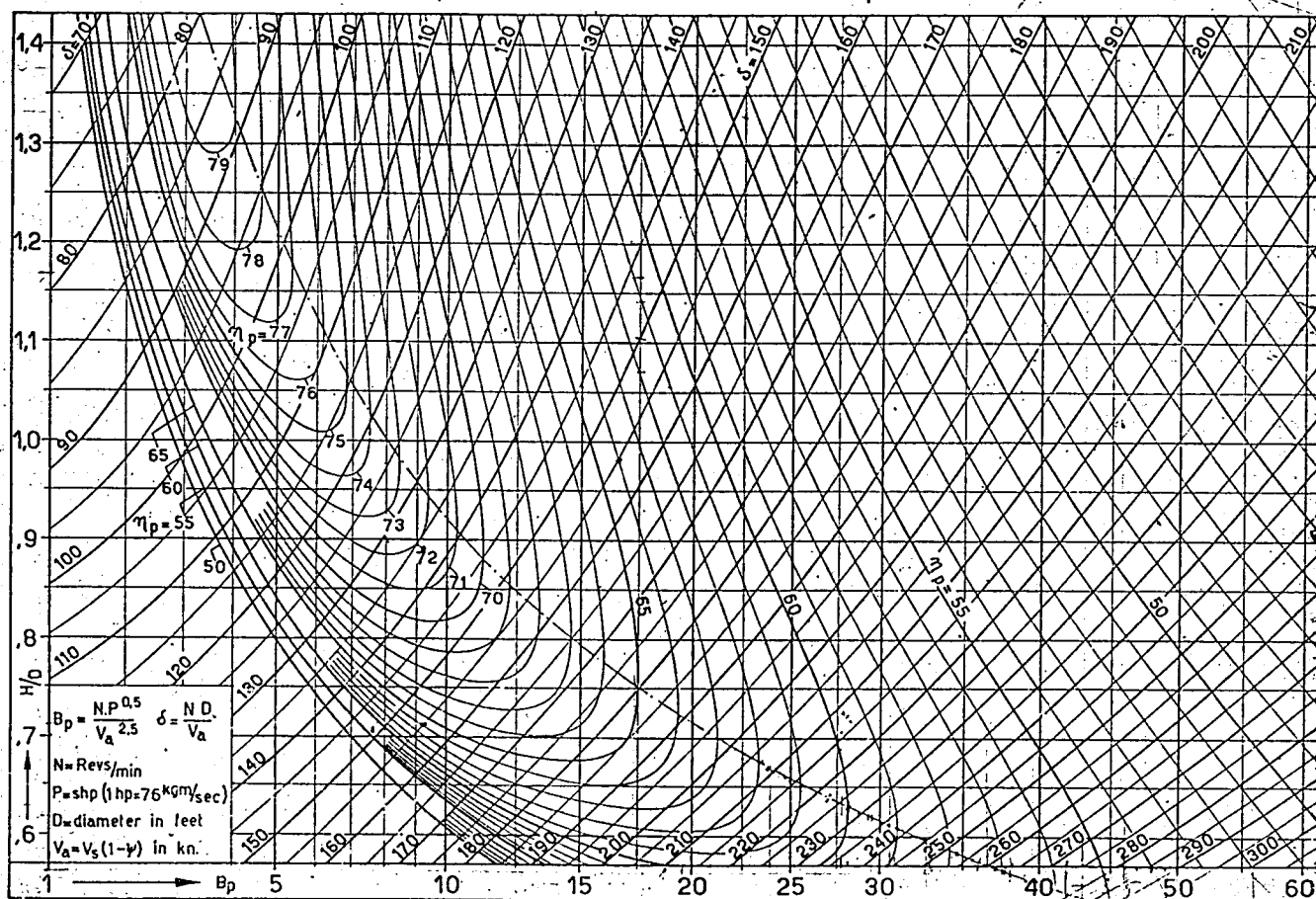
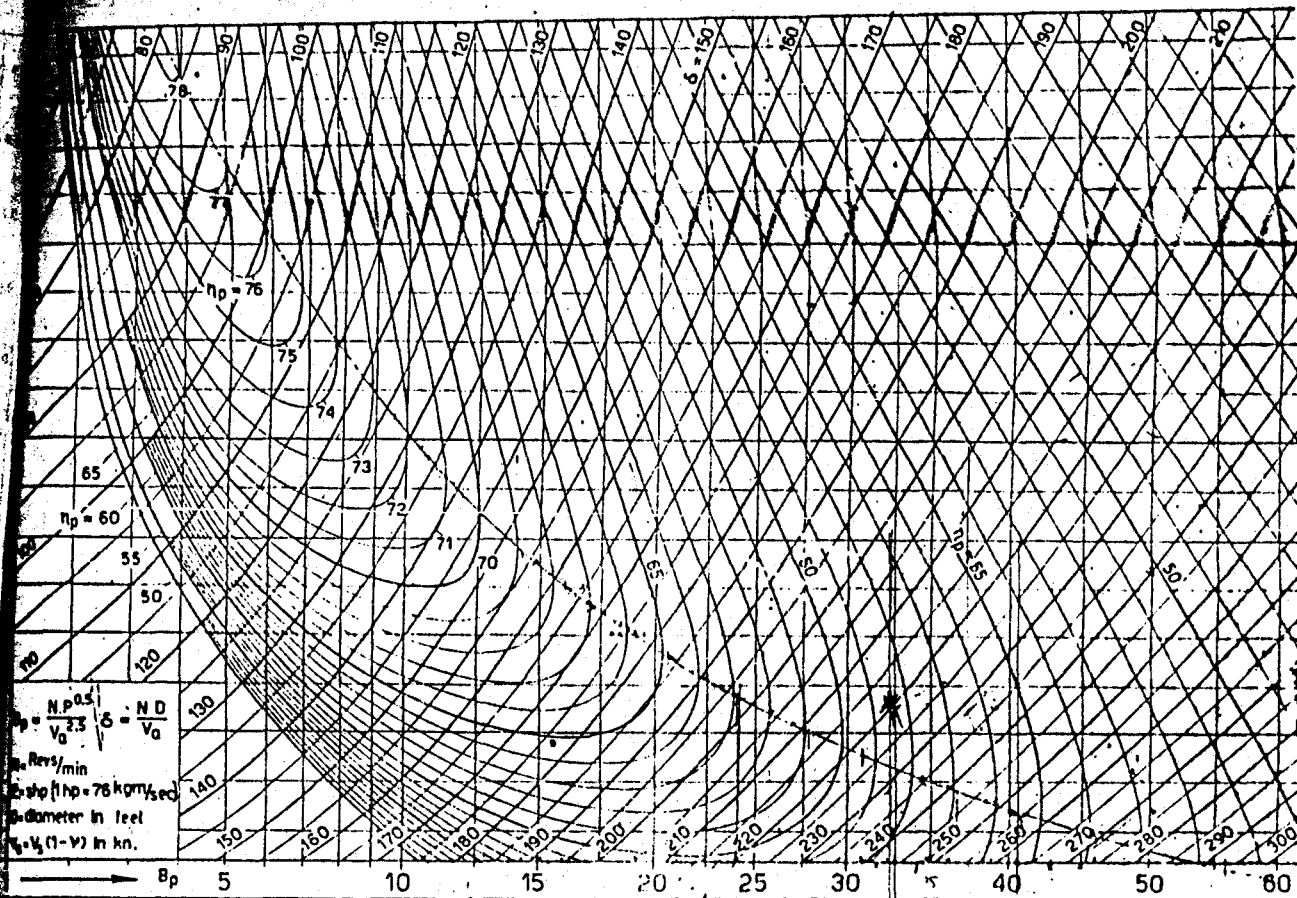


Fig. 148. B_p - δ diagram; 3-bladed screw series, type B.3.35

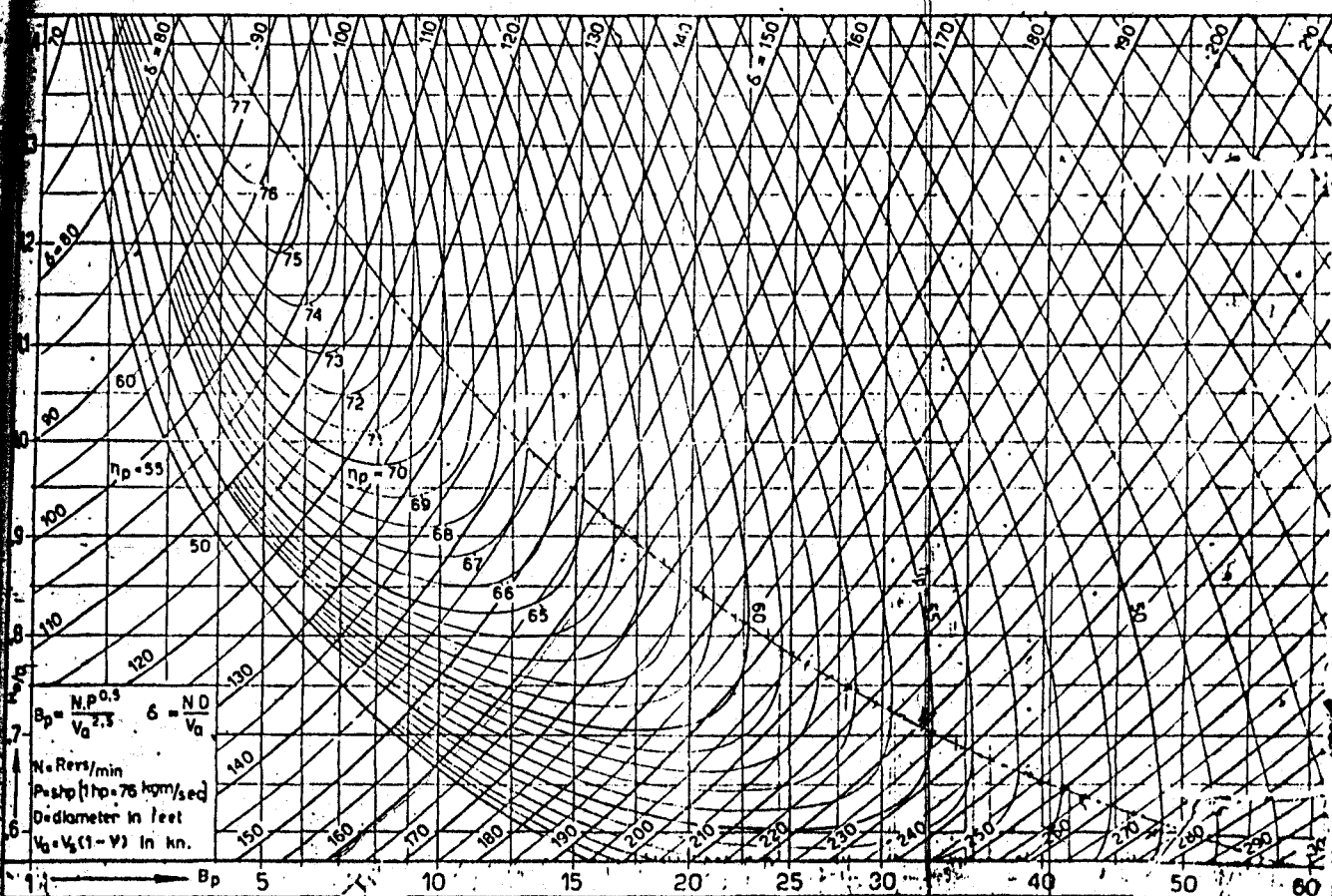
Fig. 148a. B_p - δ diagram; 3-bladed screw series, type B.3.50





141. B_p - δ diagram; 4-bladed screw series, type B.4.40

141a. B_p - δ diagram; 4-bladed screw series, type B.455



PARTICULARS

		TYPE	MITSUI B&W 4L35MCE DIESEL ENGINE		
MAIN ENGINE	✓	OUTPUT AT M.C.O. (PS)		1940	
	✓	R.P.M. AT M.C.O.		164	
PROPELLER		DIAMETER (mm)		3450	
		PITCH (CONST.) (mm)		2586	
		PITCH RATIO (CONST.)		abt. 0.75	
		AREA (m ²)	DISC	9.348	
			EXPANDED	4.394	
		AREA RATIO (EXP./DISC)		0.470	
		DIAMETER OF BOSS (mm)		621	
		BOSS RATIO		0.180	
		MAX. WIDTH RATIO (AT 0.66R)		0.2681	
		BLADE THICK. RATIO		0.043	
		RAKE OF BLADE (DEG.)		8.0	
		NO. OF BLADE		4	
		TURNING DIRECTION		RIGHT HANDED (LOOK. FORE)	
	BLADE THICK. WIDTH (mm)	THICKNESS			ITEM
		ITEM	REQUIRED	DESIGNED	ITEM
		RADIUS	K I		
		0.25R	101.260	101.80	668
		0.6R	47.173	51.0	918
	MAX. WIDTH OF BLADE (AT 0.66R)(mm)				925
	POLAR MASSMOMENT OF INERTIA OF PROPELLER (DRY) (kgf-cm-sec ²)				11400

DESIGN POINT OF PROPELLER PITCH
(1650)PS x (155+5)R.P.M. x (abt. 12.2)KTS AT (5.0) m DRAFT

PSYCHICAL PROPELLER OF MATERIALS

SIGNATURE OF MATERIAL IN ORDER LIST	Ni-Al-Bc
CLASSIFICATION SOCIETY	KI
CORRESPONDING SIGNATURE OF MATERIAL STIPULATED ON RULE	Ni-Al-Bronze
TENSILE STRENGTH (kgf/mm ²)	55
ELONGATION (%)	<u>≥</u> 20
YIELD POINT	REFER TO RULE BOOK
REDUCTION OF AREA	CHAPTER 6 SECTION
BENDING ANGLE/INSIDE DIAMETER	# B-5